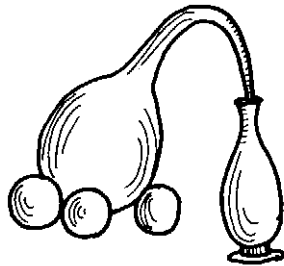


अनिर्बन हाजरा
अनुवाद
रुपेश गुरव

THE STORY OF CHEMISTRY
गोष्ट रसायनांची



अनिर्बन हाजरा
रेखाटने : मधुवंती अनंथराजन

अनुवाद : रुपेश गुरव



मनोविकास प्रकाशन

Goshta Rasaynanchi
गोष्ट रसायनांची

प्रकाशक
मनोविकास प्रकाशन
अरविंद घनःश्याम पाटकर
फ्लॅट नं. ३/ए, चौथा मजला,
शक्ती टॉवर्स, ६७२, नारायण पेठ,
नू.म.वि. महाविद्यालयासमोरील गल्ली,
पुणे - ४११०३०.
दूरध्वनी : ०२०-६५२६२९५०
Email : manovikaspublishing@gmail.com

© मराठी अनुवादाचे हक्क मनोविकास प्रकाशन यांच्याकडे

मुखपृष्ठ । अमोल पवार

आतील रेखाटने । मधुवंती अनंथराजन

मुद्रक । श्री बालाजी एन्टरप्रायझेस, पुणे.

अक्षरजुळणी । विलास भोराडे, पुणे.

ISBN : 978-93-80264-83-7

प्रथमावृत्ती । २१ मे २०११

मूल्य । १२० रुपये

प्रस्तावना

गोष्ट रसायनांची - The Story of Chemistry या पुस्तकात, प्राचीन काळापासून ते आजच्या आधुनिक विज्ञानापर्यंत रसायनशास्त्र कसे विकसित होत गेले, याची माहिती दिली आहे. शाळेच्या विद्यार्थ्यांपासून सर्वसामान्यांपर्यंत सर्वांनाच रसायनशास्त्राच्या इतिहासाची माहिती मिळावी हेच आमचे उद्दिष्ट आहे. आमचे वाचक पुस्तकातील माहितीचा व चित्रांच्या सादरीकरणाचा आनंद घेतील, अशी आम्हांला खात्री आहे.

पुस्तक सुबोध होण्यासाठी काही ठिकाणी त्याची मांडणी करण्यात आम्ही स्वातंत्र्य घेतले आहे. उदाहरणार्थ, शास्त्रज्ञांची चिन्हांकीत वाक्ये जशीच्या तशी न देता थोड्या साधेपणाने या कल्पना सादर करण्यात आल्या आहेत. या पुस्तकाचा वापर वाचक, हेन्री एम. लिसेस्टर याच्या 'The Historical Background of Chemistry' या पुस्तकासारखाच शालेय अभ्यासात करू शकतात.

या पुस्तकाचा आराखडा, चित्र, मांडणी व संगणकीकरण मधुवंती अनंतराजन यांनी केले आहे. माझ्या मते, माझे तिच्यासोबत झालेले वादविवाद, चर्चा, सहमती व असहमती यामुळे पुस्तकाचा दर्जा सुधारण्यात फार मोलाचे सहकार्य झाले आहे. माझ्या या योजनेत तिने घेतलेल्या सहभागामुळे मी तिचा ऋणी आहे.

बऱ्याच लोकांच्या औदार्य व मदतीशिवाय हे पुस्तक होणे शक्य नव्हते. या योजनेत आयुकाच्या (Inter University Center for Astronomy & Astrophysics, IUCAA) अरविंद गुप्ता यांचा फार मोठा सहभाग आहे. त्यांनी पुस्तकाच्या संकल्पनेपासून संकलनापर्यंत प्रत्येक वेळी सक्रीय सहभाग घेतला.

लेखक व चित्रकारांना भेटण्यापासून, निधी गोळा करणे व प्रकाशकांशी बोलण्यापर्यंत सर्व सहकार्य त्यांनी केले. त्यामुळे आम्हांला इतर कशाचीही चिंता न करता लिखाणावर व पुस्तकाच्या रचनेवर लक्ष केंद्रित करता आले. त्यांच्याशिवाय हे पुस्तक पूर्ण झालेच नसते.

आम्ही आयुकाच्या विज्ञान केंद्राचे आभारी आहोत, जेथे या पुस्तकाचे बरेचसे काम पूर्णत्वास गेले. आम्ही विदूला म्हैसकर, अशोक रूपनेर, समीर धुर्डे व अरविंद परांजपे यांच्या सहकार्याबद्दल आणि आमचे काम निर्विघ्नपणे पार पाडण्यासाठी वेळोवेळी आमच्या पाठिशी उभे राहिल्याबद्दल त्यांचे आभारी आहोत. आम्ही विदूला यांचे, पुस्तकाच्या शेवटी दिलेल्या आवर्ती तक्त्याच्या चित्राबद्दल येथे पुन्हा एकदा आभार मानतो.

अवंती सेठ राबेनहोज, एन. माधवन, वेणू गोविंदू, सोनाली शाह व अमृता हाजरा यांनी पुस्तकाच्या संकल्पनेबद्दल काही छान सुधारणा सुचविल्या, त्यासाठी त्यांचेही आभार!

माझ्या शास्त्रज्ञ आई-वडिलांनी मला नेहमीच प्रोत्साहन दिले व पुस्तकासाठी महत्वाची माहिती पुरवली. तसेच त्यांनी माझ्यात लहानपणीच रसायनशास्त्राबद्दल उत्सुकता निर्माण केली.

पुस्तकाचे हस्तलिखित तयार करण्यासाठी जमशेदजी टाटा ट्रस्टने केलेल्या आर्थिक सहकार्याबद्दल त्यांचेही आभार.

पुणे, २००६

अनिर्बन हाजरा



रासायनिक प्रक्रिया

रासायनिक प्रक्रिया - आपल्या आजूबाजूला सतत घडत असतात. सूर्याचे आपणास प्रकाश व उष्णता देणे, झाडांचे वाढणे, ऊर्जा मिळविण्यासाठी प्राण्यांचे अन्न खाणे व मृत कचऱ्याचे कुजणे, या सर्वच रासायनिक प्रक्रिया आहेत. आपल्या शरीरातसुद्धा हजारो रासायनिक प्रक्रिया सतत चालू असतात. पचन, आपण पाहतो, आपल्या बोटांना स्पर्शज्ञान होते, आपण वाढतो, वृद्ध होतो, यातील प्रत्येक गोष्टीत बऱ्याच रासायनिक प्रक्रिया समाविष्ट झालेल्या असतात.



जरी या प्रक्रिया आपल्या सभोवताली गेली लाखो वर्षे घडत असल्या तरी, आता कुठे त्या आपल्याला समजू लागल्या आहेत. या गोष्टींचा शास्त्रीय शोध घेणारे शास्त्र म्हणजे रसायनशास्त्र.

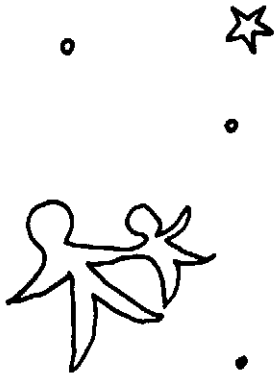
रसायनशास्त्र

म्हणजेच

द्रव्यांचे विज्ञान

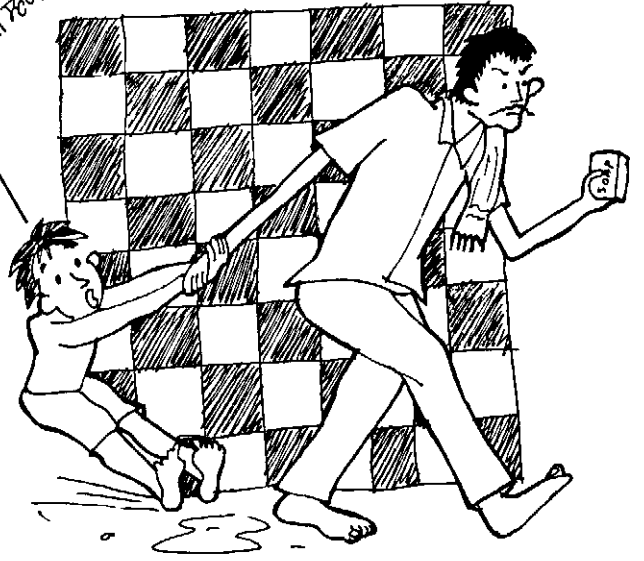
पदार्थांचे मूळ घटक व गुणधर्म आणि त्यांच्यात होणारे बदल यांचा अभ्यास.

गोष्ट रसायनांची । ५



मानव जातीकडून झालेला वापर ही रसायनशास्त्राची आणखी एक महत्त्वाची बाजू आहे. आज आपण आपल्या रोजच्या व्यवहारात अनेक रसायने वापरतो. उदाहरणार्थ, धातू, बांधकामाचे साहित्य, साबण, औषधे, कागद, प्लास्टिक इ.

रसायनशास्त्र बसते तर मला काही वाचायलाय
मिळाले बसते? किंवा गरम पाण्याचे ओंछोळ
करता आली बसते? असे तर तुला मरणाच्या
वाही वा?

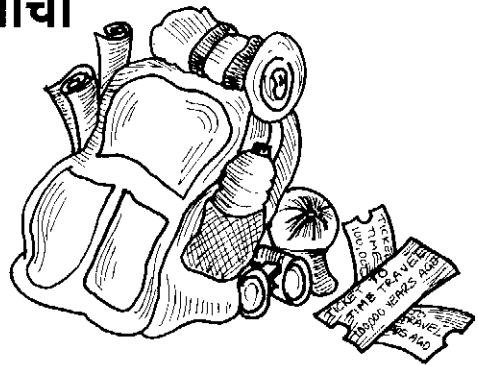


... दुर्दैवाने संहारक
अस्त्रांच्या मागेही
रासायनिक प्रक्रियाच
असतात.

आज रसायनांचा विविध क्षेत्रांमध्ये वापर होतो. पदार्थांच्या मागील प्रक्रिया आता कळू लागल्या आहेत. पदार्थ कसे वागतात हे अधिक चांगल्या प्रकारे उमजू लागले आहे. शेकडो पुस्तकांची माहिती एका छोट्याशा सिलिकॉन चिपमध्ये कशी साठवावी, आपल्या वातावरणाचे संरक्षण करतच, आपल्या ऊर्जेची गरज भागवताना कोणती नवीन इंधने वापरावीत आणि विशिष्ट आजारासाठी औषधे कशी तयार करावीत, अशा गोष्टींचा यात अंतर्भाव आहे.

या अत्याधुनिक टप्प्यापर्यंत पोहोचण्यासाठी रसायनशास्त्राने बराच लांबचा व मनोरंजक प्रवास केला आहे.

या पुस्तकात आपण रसायनशास्त्राच्या विस्मयचकित करणाऱ्या इतिहासाचा अभ्यास करणार आहोत.



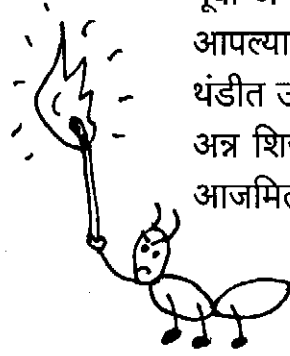
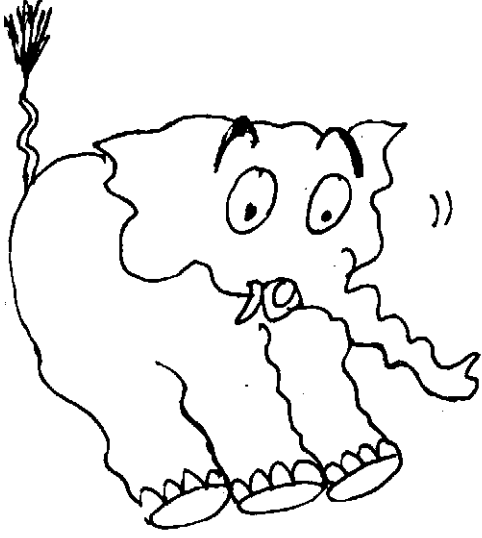
चला तर मग थोडे मागे जाऊया, सुमारे...

१००,००० वर्षे.

माणूस फार प्राचीन काळापासून
अग्नीचा वापर करत आला आहे.

अग्नी

एक अनंत असे रासायनिक
परिवर्तन! अग्नी वापरण्याच्या
क्षमतेमुळे मानवजात कठीण
परिस्थितीत तग धरून राहिली.
पूर्वी अग्नी हिंस्र प्राण्यांना
आपल्यापासून दूर ठेवत होता,
थंडीत ऊब देत होता आणि
अन्न शिजवण्यासाठी तर
आजमितीस वापरला जातो.



मला तुझी
केशभूषा
कारच आवडते.

अरे! अग्नीच्या कार
जवळ शोयलं ना,
तर हे असं होतं.

अन्न शिजवण्याप्रमाणेच
अग्नीमुळे इतरही
परिवर्तने होतात,
हे हळूहळू कळायला
लागलं होतं.



इ. स. पूर्व ५,००० वर्षे

या काळी कदाचित असाही संवाद झाला असेल :



प्राचीन मानव १ : हे बघितलंस का, ह्या शेकोटीखालची माती घट्ट झाली आहे. ती पाण्यानेही निघत नाही.

प्राचीन मानव २ : आपण असं केलं तर? आपण या मातीला आकार देऊन आगीत ठेवू! म्हणजे त्या घट्ट झालेल्या मातीत आपल्या वस्तू साठवता येतील.

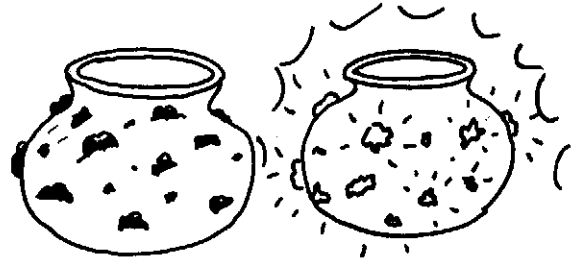
अशा प्रकारे मातीच्या भांड्यांचा जन्म झाला. मातीची भांडी भाजण्यासाठी भट्टी बनविण्यात आली. स्थिर व उच्च तापमान उत्पन्न करणारी लाकडाची भट्टी.

एकदा एका कुंभाराने मातीचे भांडे भट्टीत टाकण्यापूर्वी हिरव्या रंगाच्या गोट्यांनी सजविले. भांडे भट्टीतून काढल्यावर काहीतरी विलक्षण असे घडल्याचे त्याच्या लक्षात आले.

गोट्या वितळून चमकत होत्या.

या गोट्या म्हणजे खरेतर धातूंची खनिजे होती. भट्टीतील क्षपण वातावरणामुळे (reducing atmosphere) खनिजांचे धातूमध्ये रूपांतर झाले होते.

भट्टीमध्ये रंगीत दगड गरम करून बरेच धातू मिळवले गेले. या धातूंमध्ये काही विशिष्ट गुणधर्म असतात, हेही लक्षात आले.





धातूंचा वापर शोभेच्या वस्तू व हत्यारे बनविण्यासाठी भरपूर प्रमाणात केला गेला. धातू मिळविण्यासाठी (extract) वेगवेगळ्या पदार्थांची संयुगे भट्टीमध्ये तापविली जात. अनेकदा वापरात असलेले धातू हे मिश्रधातू असत.

प्राचीन काळी **कासे** (Bronze)

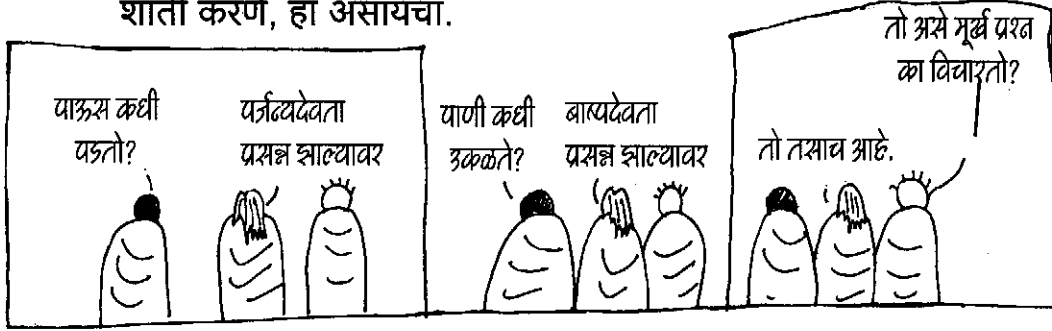
[तांबे (copper) व कथिल (Tin) यांचे मिश्रण] मोठ्या प्रमाणावर वापरले जात असे.



मानवाने अन्न चविष्ट करण्यासाठी व आयुष्य आणखी सुखद बनवण्यासाठी तंत्रज्ञान व कला विकसित केल्या. मात्र, आपल्या नैसर्गिक वागणुकीचा आणखी एक पैलू म्हणजे चिकित्सा - enquiry into causes of phenomena म्हणजेच घडणाऱ्या गोष्टींची कारणमीमांसा शोधणं.

यापूर्वी नैसर्गिक प्रक्रियांचे स्पष्टीकरण **देव, आत्मा, राक्षस**

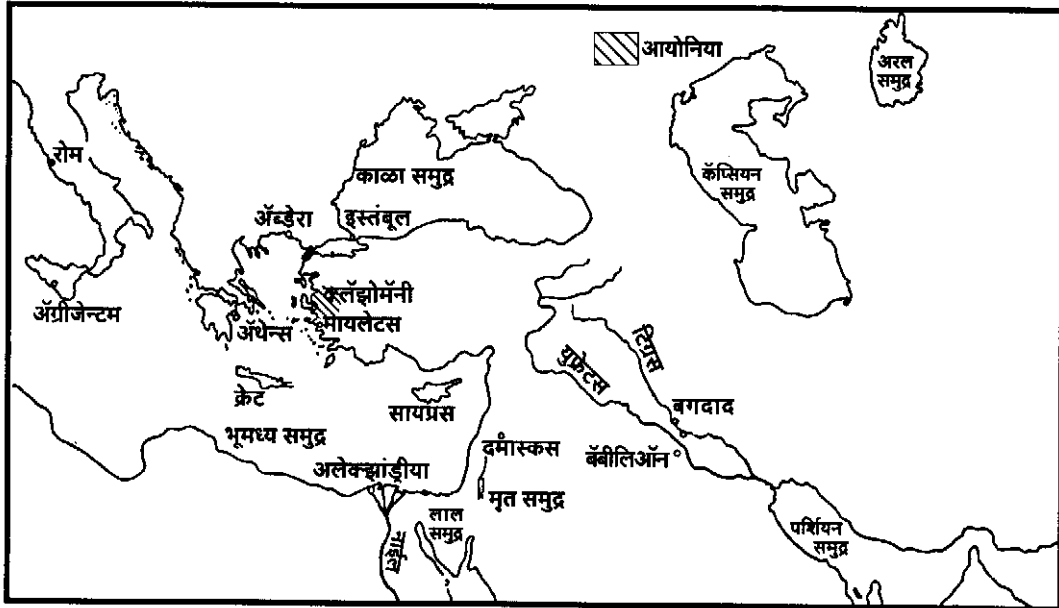
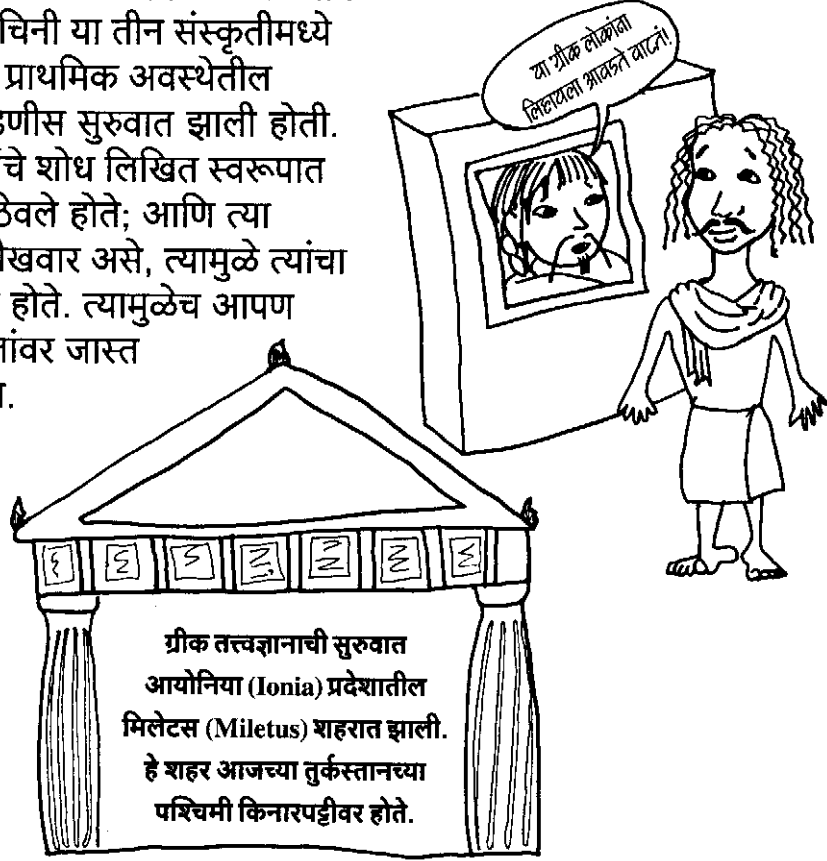
अशा प्रकारांत आहे असं समजलं जायचं. त्या काळी साधू, तांत्रिक व वैदू असे लोक होते. त्यांचा व्यवसाय, या प्रक्रियांना दैवी शक्ती सांगून त्यांची शांती करणे, हा असायचा.



मानव जसजसा सुसंस्कृत होत गेला आणि कुशल कामगारवर्ग तयार होत गेला, तसतसा एक वर्ग इतरांपेक्षा वेगळा होत गेला. या वर्गाला फार कष्ट करायला लागत नव्हते, म्हणून तो विश्वाच्या प्रकृतीबद्दल अटकळी बांधू लागला. हा वर्ग म्हणजेच तेव्हाचे तत्त्वज्ञ! त्यांनीच शास्त्रीय सिद्धान्त मांडायला सुरुवात केली.



इ. स. पूर्व सहाव्या शतकादरम्यान किमान ग्रीक, भारतीय व चिनी या तीन संस्कृतींमध्ये रसायनशास्त्राच्या प्राथमिक अवस्थेतील सिद्धान्तांच्या मांडणीस सुरुवात झाली होती. ग्रीक लोकांनी त्यांचे शोध लिखित स्वरूपात दस्तावेज म्हणून ठेवले होते; आणि त्या घटनांची नोंद तारीखवार असे, त्यामुळे त्यांचा काळ ठरवणे सोपे होते. त्यामुळेच आपण ग्रीकांच्या सिद्धान्तांवर जास्त लक्ष देणार आहोत.



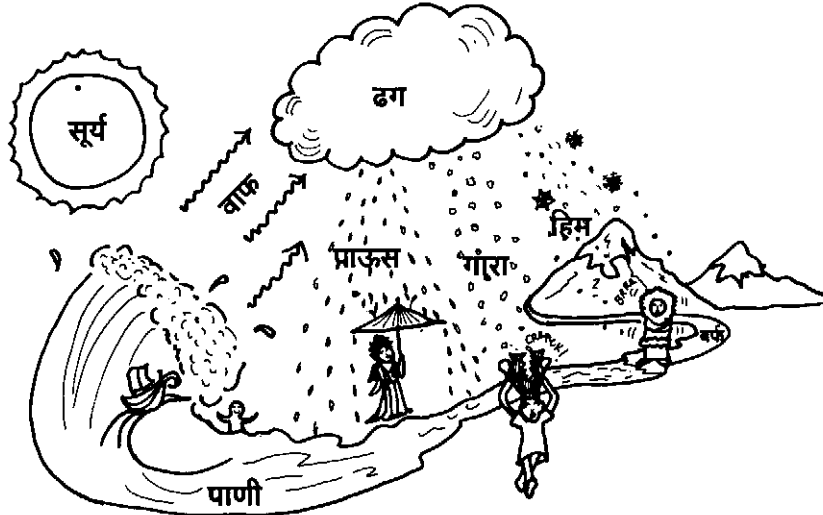
“एकाच गोष्टीला
अनेक अवस्था
असू शकतील
काय?”



“होय. याचे एकमेव
उदाहरण आहे पाणी.
त्याचे हवेत रूपांतर
होते (बाष्पीभवन)
आणि ते घनरूपातही
गोठू शकते. म्हणूनच
सर्व गोष्टींच्या
उत्पत्तीस त्याला
कारणीभूत मानायला
हरकत नाही.”

मिलेटसचा थेल्स
(इ. स. पूर्व ६४०-५४६)

द्रव्याची स्थिती - वायुरूप, द्रवरूप व घनरूप आणि त्यांचे एकमेकांतील
रूपांतरण सृष्टीतील सर्व बदलांच्या स्पष्टीकरणाचा पाया होते.



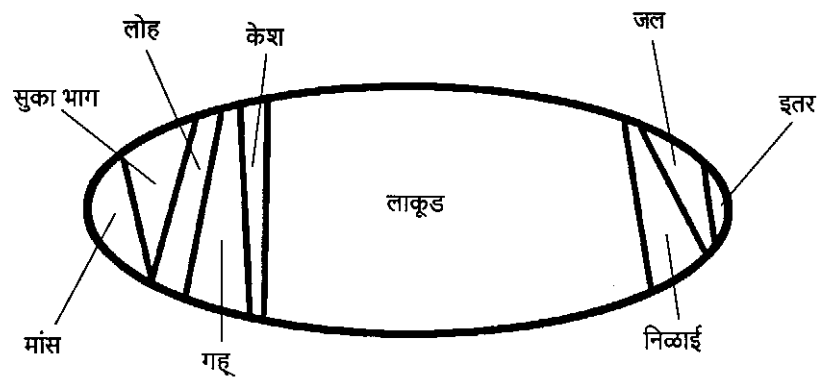
आयोनियातील (Ionia) इतर तत्त्वज्ञांनी हवा, अग्नी अथवा अनंत आकारहीन पदार्थ **अँपिरॉन**
अशा वेगवेगळ्या गोष्टींची, उत्पत्तिस्थाने म्हणून निवड केली,

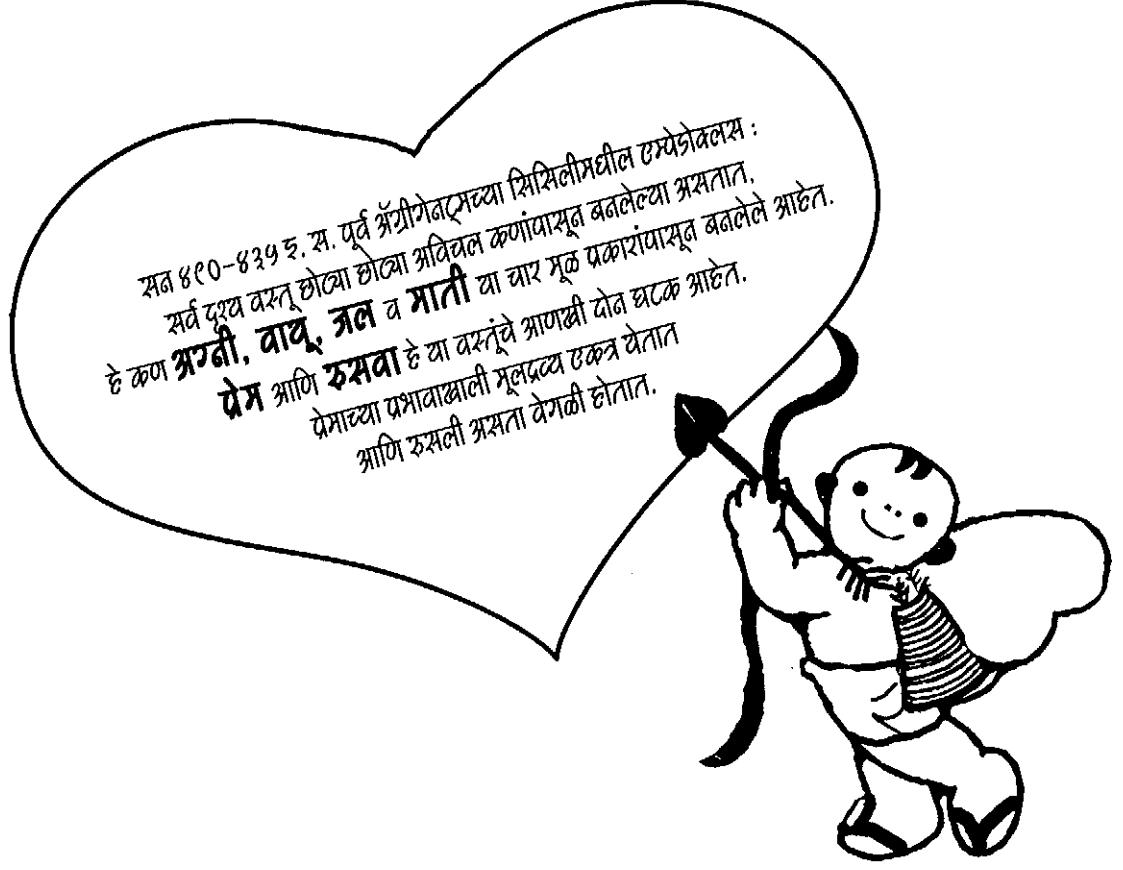
क्लॅझोमेनियातील **अॅक्झागोरस** हा आयोनियामधील शेवटचा प्रसिद्ध तत्त्वज्ञ होता. विश्व हे अनंत छोट्या कणांपासून बनले आहे, असे त्याने गृहीत धरले होते, ज्याला तो 'बीज' म्हणायचा.



“विश्वात अस्तित्वात असणाऱ्या प्रत्येक वस्तूचा अतिशय छोटा भाग बिजात असतो. त्याचे प्रमाण मात्र प्रत्येक बिजादुसार बदलत जाते. उदाहरणार्थ, लाकडाची मात्रा जास्त असणारी बिजे एकत्र येऊन लाकूड तयार होते.”

लाकडाच्या तुकड्यातील प्रत्येक बीज खालीलप्रमाणे दिसते. यात सर्व प्रकारच्या पदार्थांचे भाग असतात; पण सर्वात मोठा भाग हा लाकडाचा असतो.





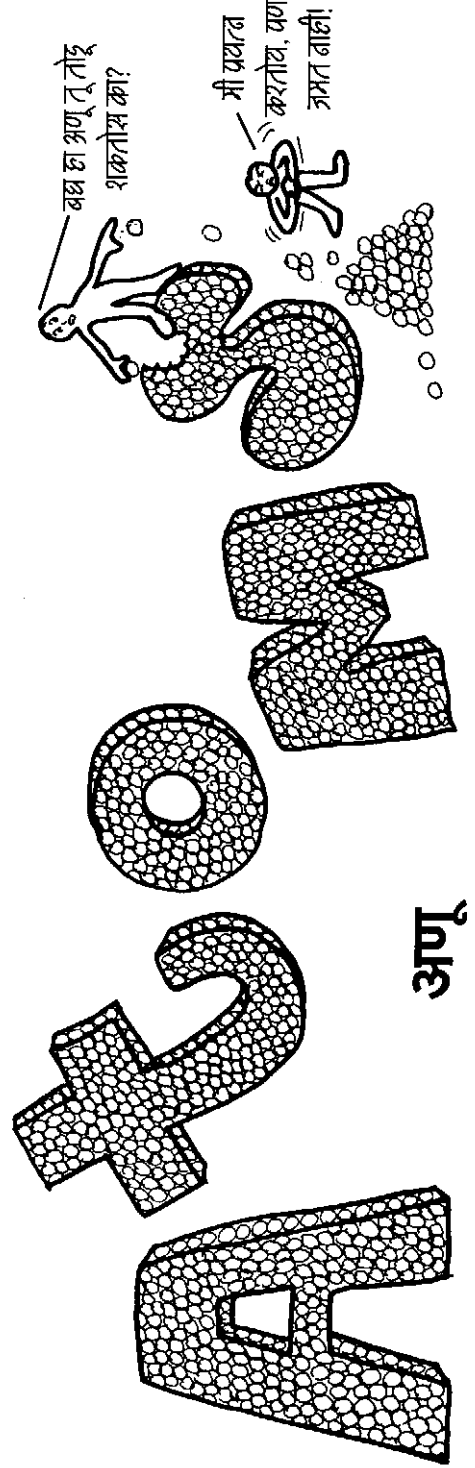
एम्पेडोक्लसपूर्वी हवा ही एक वस्तू न राहता, ते पाणी व अग्नीमधील स्थित्यंतर समजले जायचे. हवा हेही द्रव्यच आहे, हे त्याने शोधून काढले व प्रात्यक्षिकासह दाखवून दिले. त्याने वरून व खालून एक-एक छिद्र अशी दोन छिद्रे असणारे Clepsydra नामक भांडे घेतले. त्याने भांड्याचे खालील छिद्र पाण्यात बुडवले तेव्हा त्याच्या असे लक्षात आले, की ते भांडे पाण्याने भरते; परंतु जर त्याने वरील छिद्रावर बोट दाबून धरले तर खालील छिद्रातून पाणी आत शिरत नाही. वरच्या छिद्रावर धरलेले बोट बाजूला केले की हवेला बाहेर पडायला मार्ग मिळून पाणी आत शिरते. भांड्यातील हवा पाण्याला आत शिरण्यास विरोध करते, असे या प्रात्यक्षिकाने सिद्ध केले.

इ. स. पूर्व ४६०-३७०

अब्देराचा डेमॉक्रिटस

“प्रत्येक द्रव्य हे अतिसूक्ष्म व अविभाज्य अशा कणांपासून बनलेले असून त्यालाच अणू (atomos) असे म्हणतात. (ग्रीक भाषेत atomos चा अर्थ - अविभाज्य) पृथ्वी, वायू, पाणी व अग्नी या चार मूलद्रव्यांच्या अणूंचे आकार व आकारमान त्यांचे बरेच गुणधर्म विशद करतात. अग्नीचे अणू हे गोलाकार असून ते दुसऱ्या मूलद्रव्यांबरोबर मिसळत नाहीत. तर पृथ्वी, वायू व जल या तीन गोष्टींचे अणू भौमितिक आकाराचे असून ते एकमेकांत गुंफून दृश्य पदार्थाची निर्मिती करू शकतात.”

अणूची संकल्पना आधुनिक वाटली, तरी खरे तर खूप प्राचीन काळापासून अस्तित्वात होती; पण त्यावेळच्या ग्रीक सिद्धान्तांप्रमाणेच हाही एक निखळ तर्क होता. त्यामुळे त्या विचाराकडे दुर्लक्ष झाले.

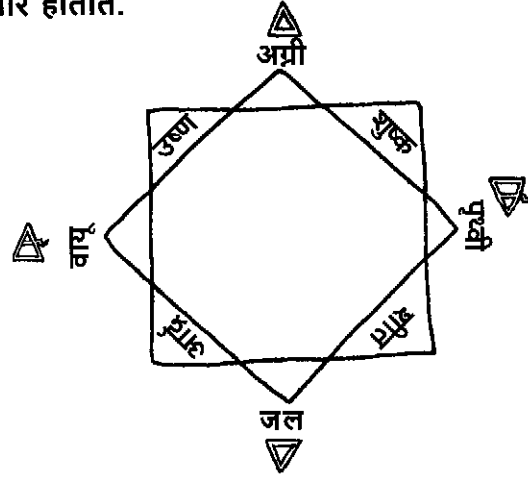


जग जिंकायला निघालेल्या अलेक्झांडरचा गुरू

अॅरिस्टॉटल (इ. स. पूर्व ३८४-३२३)

हा एक अत्यंत महत्त्वाचा ग्रीक तत्त्वज्ञ होता. अॅरिस्टॉटलने स्वतःचे असे सुसंगत सिद्धान्त तयार केले. त्याने त्याच्या आधी होऊन गेलेल्या तत्त्वज्ञापेक्षा निसर्गाचे स्पष्टीकरण जास्त विस्तृत स्वरूपात द्यायचा प्रयत्न केला.

“सर्व गोष्टींचे मूल हे स्थिर व अविचल अशा मूलद्रव्यामध्ये असते. ह्या मूलद्रव्याला अॅरिस्टॉटल प्रोटो हार्डल (Prote-hyle) म्हणतात. ते पदार्थाला विशिष्ट गुणधर्म देतात आणि त्यामुळेच त्याची वैशिष्ट्ये ठरतात. हे गुणधर्म चार प्रकारचे असतात - उष्ण, शीत, शुष्क व आर्द्र. हे एकत्र आल्यास सहा जोड्या (Couples) तयार होऊ शकत असल्या तरी परस्परविरोधी अशा उष्ण व शीत किंवा आर्द्र व शुष्क जोड्या तयार होऊ शकत नाहीत. त्यामुळे निसर्गात फक्त चारच जोड्या शक्य आहेत. या चार जोड्या चार मूलद्रव्ये निर्माण करतात. या जोड्यांपासून पृथ्वीतलावरील इतर सर्व द्रव्ये तयार होतात.”



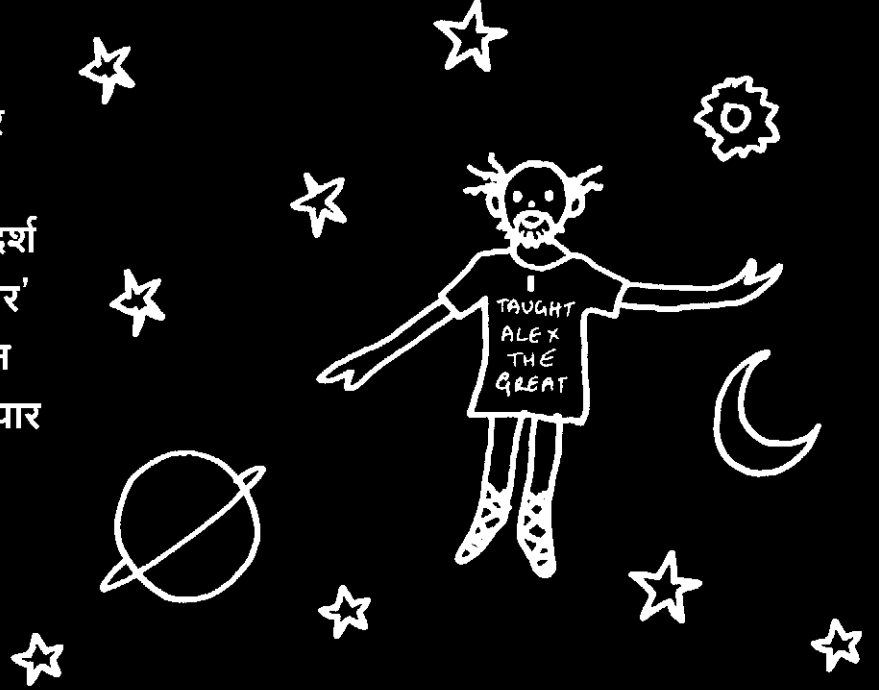
उष्ण + शुष्क = अग्नी

उष्ण + आर्द्र = वायू

शीत + आर्द्र = पानी

शीत + शुष्क = मृदा

पृथ्वीतलावरील द्रव्य
तयार करणाऱ्या चार
मूलद्रव्यांव्यतिरिक्त
पाचवे व सर्वात आदर्श
मूलद्रव्य म्हणजे 'इथर'
आहे आणि यापासून
आकाशस्थ गोष्टी तयार
होतात.



हे गुणधर्म कोणत्याही प्रमाणात बदलू
शकतात आणि म्हणूनच कोणतेही
मूलद्रव्य दुसऱ्यात रूपांतरित होऊ
शकते. उदाहरणार्थ, पाण्याचे बाष्पात
वा हवेत रूपांतर करण्यासाठी 'शीत'
गुणधर्मावर 'उष्ण' गुणधर्मने मात
करायला हवी. आर्द्रता हा मात्र
दोघांमध्येही समान घटक आहे.





इ. स. पूर्व पाचवे शतक - या शतकाच्या सुरुवातीस **भारत** व **चीन** मध्ये सुद्धा द्रव्याचे सिद्धान्त विकसित व्हायला सुरुवात झाली होती.

प्राचीन कपिल या भारतीय तत्त्वज्ञाने म्हटले आहे, की विश्व हे पंचमहाभुतांनी बनले आहे किंवा पदार्थाचे पाच वर्ग आहेत - **आकाश** (अवकाश), **वायू** (हवा), **तेज** (अग्नी), **आप** (पाणी) व **क्षिती** (मृदा वा पृथ्वी). हे पदार्थ अणूपासून बनलेले असतात आणि अणू अणूकणांपासून (Intratonic particles) बनलेले असतात. वेगवेगळ्या प्रकारचे अणूकण एकत्र येण्याने वेगवेगळ्या गुणधर्माचे पदार्थ तयार होतात.

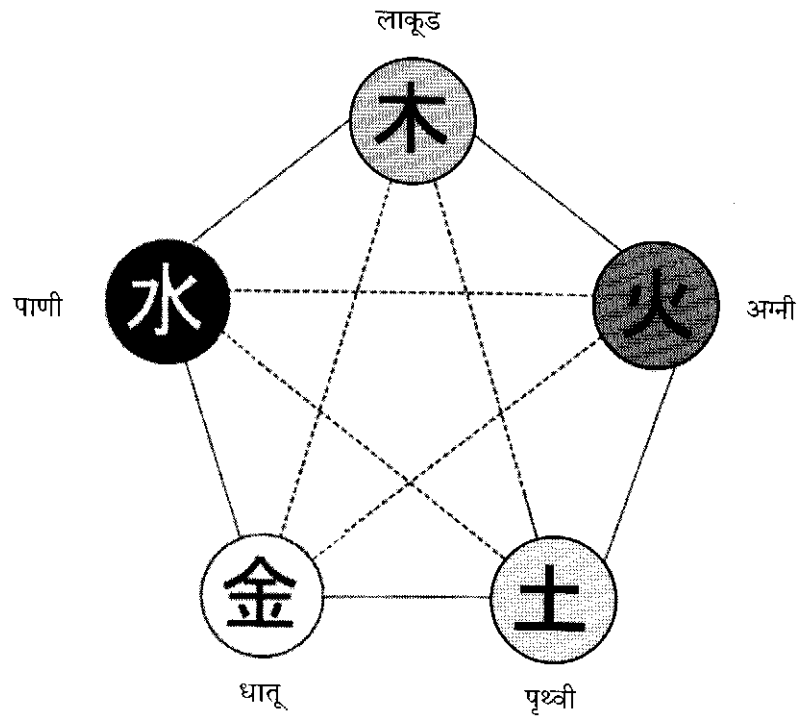


“पदार्थाचं हे वर्गीकरण! हे तर मला माहीतच नव्हतं. मला वाटायचं, आम्ही भुतं म्हणजे लोकांना घाबरवून थोडी गंमत करणारे आत्मे आहेत.”



“आकाश किंवा इथर यांना अणू संरचना नसते. ते निष्क्रिय असून सर्वत्र असतात. अणू चार प्रकारचे असतात. वायू, अग्नी, जल व पृथ्वी; आणि त्यांचा एकमेकांशी संयोग होऊन रेणू (molecule) तयार होतो. वेगवेगळ्या रेणूंच्या संयोगामुळे विविध पदार्थ तयार होतात. उष्णता कणांमुळे (Heat corpuscles) पदार्थाचे रूपांतर होते,” असे **कणाद** ह्या भारतीय तत्त्वज्ञाचे म्हणणे होते.

चिनी तत्त्वज्ञांचे वस्तूंच्या संरचनेचे सिद्धान्त पाच मूलद्रव्यांवर आधारित आहेत.



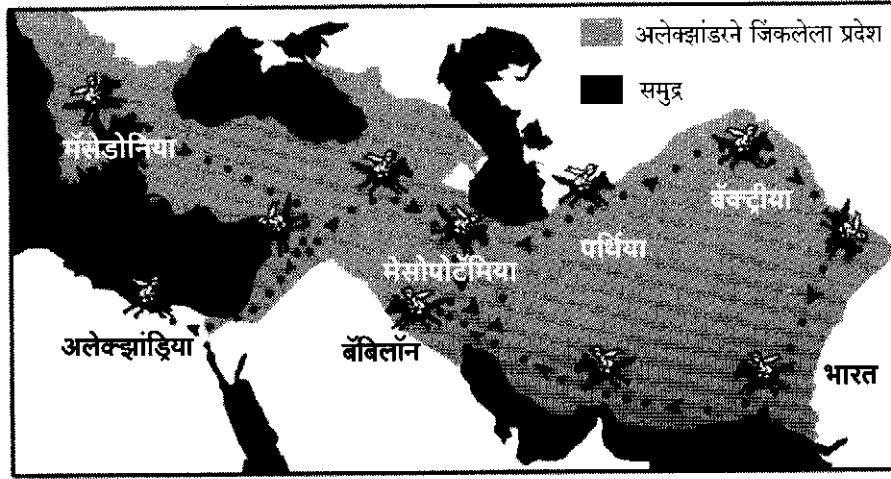
या सर्वांचा संयोग होऊन वस्तू वा पदार्थ बनतात. या पदार्थांचे गुणधर्म हे दोन परस्परविरोधी तत्त्वांवर आधारलेले आहेत.

YIN हे स्त्रीतत्त्व चंद्र, रात्र व जडत्वाशी निगडित आहे, तर

YANG हे पुरुषतत्त्व सूर्य, दिवस व हलकेपणाशी संबंधित असते.

अॅरिस्टॉटलच्या शेवटच्या काळात त्याचा प्रसिद्ध शिष्य **अलेक्झांडर**

(इस.पूर्व ३५६-३२३) जग जिंकण्यास बाहेर पडला. त्यामुळे जग आणखी जवळ आले आणि वेगवेगळे तत्त्वज्ञ, धर्म आणि त्यांच्या कल्पना एकत्र येण्यास मदत झाली. त्यातूनच हेलेनिस्टिक (ग्रीक) नामक एक सामाईक संस्कृती संपूर्ण पश्चिम आशियाभर पसरली. याच दरम्यान किमया (Alchemy) ही नवीन संकल्पना उदयास आली.



अलेक्झांडरचा विजयी मार्ग

इ. स. पहिले शतक

अलेक्झांडरने वसवलेले, नाईल नदीच्या मुखावर असलेले अलेक्झांड्रिया हे त्या काळी बौद्धिक उलाढालीचे प्रमुख केंद्र बनले.

हिरो - इ. स. ५२-१५०

हिरोने वाफेच्या इंजिनासारखे एक यांत्रिक साधन विकसित केले. त्यात नाणे टाकल्यावर पवित्र पाणी बाहेर येई. त्याने वायूंच्या गुणधर्मांचा अभ्यास केला आणि बऱ्याच प्रमाणात वायू गतिकी सिद्धान्ताची (Kinetic Theory of Gases) गृहीतकेही त्याने तेव्हाच मांडली होती.



हिरोचे वाष्पाचे इंजिन दिसायला असे होते.

अलेक्झांड्रियामध्ये पूर्वेकडील अनेक गूढमतवादी धर्मांनी आपले पाय रोवले आणि त्यामुळे निसर्ग तत्त्ववेत्ते प्रभावित झाले. त्यात धनाढ्य वर्गासाठी व प्रार्थना स्थळांसाठी सुखसोयींची साधने उत्पादित करणारे कारागीरसुद्धा होते. हे कारागीर तत्त्वज्ञांच्या सिद्धान्तांच्या संपर्कात आले आणि ह्या सिद्धान्तांच्या आणि प्रात्यक्षिकांच्या एकत्रिकरणाने एका पूर्णतः नव्या वाटचालीस सुरुवात झाली...



अशा प्रकारे किमया म्हणजे, ग्रीक व पूर्वेकडील तत्त्वज्ञान, गूढवाद व इजिप्शियन तंत्रज्ञान या विविध घटकांचा संयोग होता.

किमयाशास्त्र अ‍ॅरिस्टॉटलच्या कल्पनांवर उभारण्यात आले. यापैकी एक म्हणजे प्रत्येक वस्तूची अचूकतेकडे जाण्याची प्रवृत्ती असते आणि ही प्रवृत्ती सर्व धातूंमध्ये असते. याचा अर्थ, जो धातू अशुद्ध असतो तो सोन्याच्या शुद्धतेकडे जाण्यासाठी प्रयत्नांची पराकाष्ठा करत असतो.



निसर्गाने पृथ्वीच्या गर्भात वर्षानुवर्षे सोने तयार करण्याची परिपूर्ण प्रक्रिया चालू ठेवली आहे. कारागीर यातील बरीचशी प्रक्रिया त्याच्या कार्यपद्धतीत सुधारणा करून, कमीत कमी वेळात कारखान्यात वापरून, स्वतःच्या क्षमतेवर शुद्ध सोने तयार करू शकतो. हीच परिसशास्त्राची मूळ संकल्पना आहे.



“ भूपृष्ठातील खडकाचे धातूत रूपांतर कसे करायचे हे आम्हाला माहीत आहे, म्हणजे आम्ही अशुद्ध धातूचे सोन्यामध्ये रूपांतर करू शकू. मला खात्री आहे, की जवळपास सोन्यासारखाच दिसणारा धातू खरोखरीच सोन्याच्याच रूपात आहे. धोड्याफार प्रयत्नाने आपण त्याचे रूपांतर शुद्ध धातूत करू शकतो.”

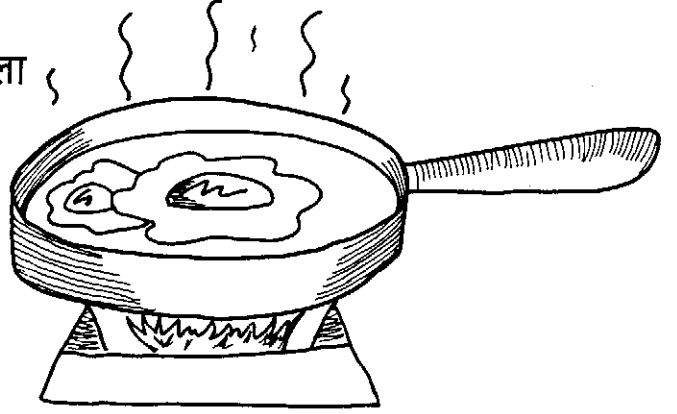


अशा प्रकारे किमया म्हणजे धातूशास्त्राच्या त्यावेळच्या प्रात्यक्षिकांचा विस्तार होता.

रंग हा धातूचा

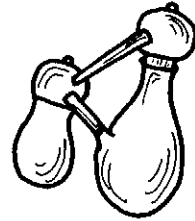
मूलभूत गुणधर्म समजला जाई.

“आम्हाला पिवळा धातू हवा आहे. आम्ही अंड्याच्या बलकाचे उर्ध्वपातन (Distillation) केल्यावर पिवळ्या रंगाचा पदार्थ उत्पन्न होईल, जो धातूंना पिवळा रंग देईल (ज्याला लोक नंतर गंधक किंवा सल्फर म्हणतील)” असे आम्हांला वाटते.



नंतर.....

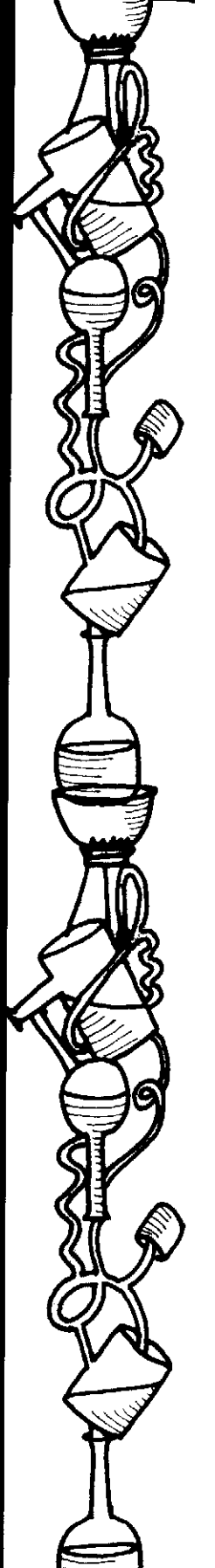
ठीक आहे. याचा काही उपयोग झाला नाही. पण मला वाटते, मी ऑग्लेटचा शोध लावण्यात यशस्वी ठरलो.



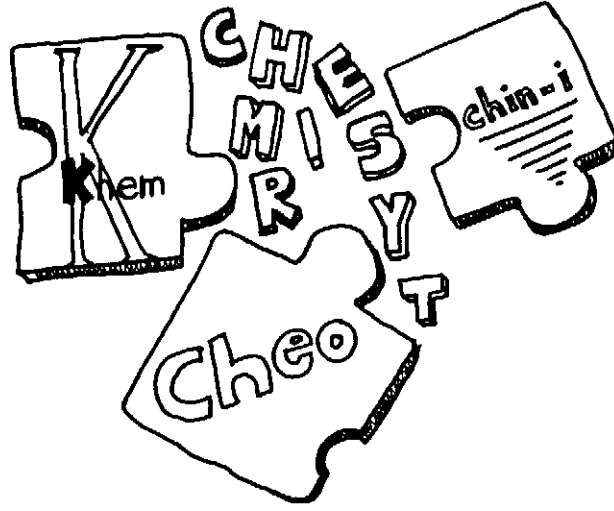
इ. स. पूर्व सहाव्या शतकात
लाओ त्झू याने चीनमध्ये ताओईझम् या
तत्त्वज्ञानाच्या अभ्यासक्रमाची शाळा
स्थापन केली. ताओईझमच्या पायावर
चीनमध्ये किमयाशास्त्र समांतरपणे
विकसित होत गेले. केवळ सोन्याचा
हव्यास म्हणून चिनी किमयाशास्त्रज्ञ सोने
बनवत नव्हते. त्यांचा असा विश्वास होता,
की सोनं खाल्ल्याने त्यांना शाश्वत असे
आयुष्य व अमर्याद शक्ती प्राप्त होईल.
त्यामुळे चीनमध्ये अमरत्व प्राप्त
करण्यासाठी बऱ्याच मोठ्या प्रमाणात सोने
खाण्याच्या पद्धतीबद्दल किमयाशास्त्रामध्ये
माहिती होती.

तुझ्या शळ्यातला हा छार
छान आहे!

अरे! हे माझं दुयारचं
त्रेवण आहे.



इ. स. पहिल्या शतकादरम्यान सोने बनविण्याच्या प्रक्रियेत
‘रसायनशास्त्र’ हे नाव सर्वप्रथम समोर आले. ते बहुधा खेम
(Khem) या इजिप्शियन शब्दापासून आले असावे. खेम इजिप्तचे प्राचीन नाव
होते आणि त्यावेळचे रसायनशास्त्राचे ते महत्त्वाचे केंद्रही होते.



दुसरी विचारधारा अशी आहे, की रसायनशास्त्र हे नाव ‘कीओ’ (cheo) या ग्रीक
शब्दापासून आले असावे, ज्याचा अर्थ I cast (फेकणे) किंवा I Pour (ओतणे) असा
होतो आणि तो सुरुवातीच्या रसायनशास्त्राच्या धातूविज्ञानाच्या प्रक्रियेशी संबंधित
आहे. आणखी एक अंदाज असाही आहे, की रसायनशास्त्र हा शब्द 'chin-i' ह्या चिनी
शब्दापासून आला असावा, ज्याचा उच्चार kim yo म्हणजेच ‘सोने बनविण्याचा द्रव’
असा होतो.



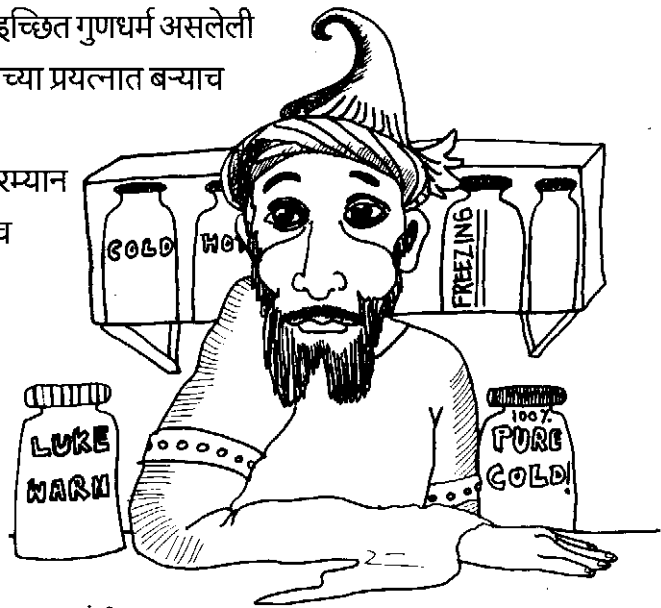
इ. स. 300 च्या दरम्यान किमयाशास्त्र अलेक्झांड्रियापासून ते सिरीया, मेसोपोटॅमिया (इराक) आणि पर्शिया (इराण) पर्यंत पसरले.



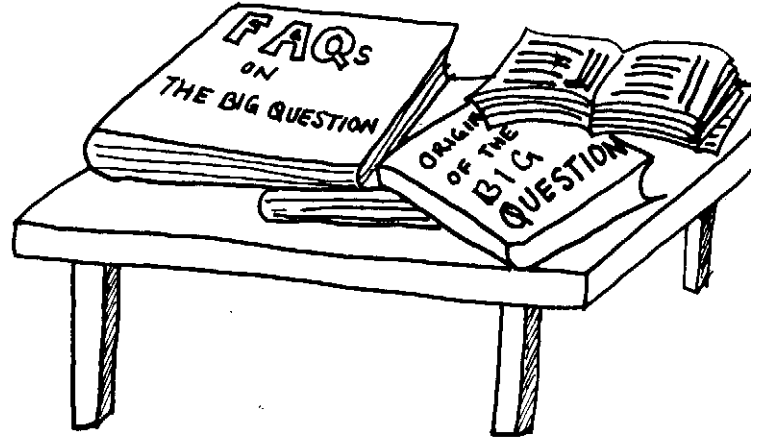
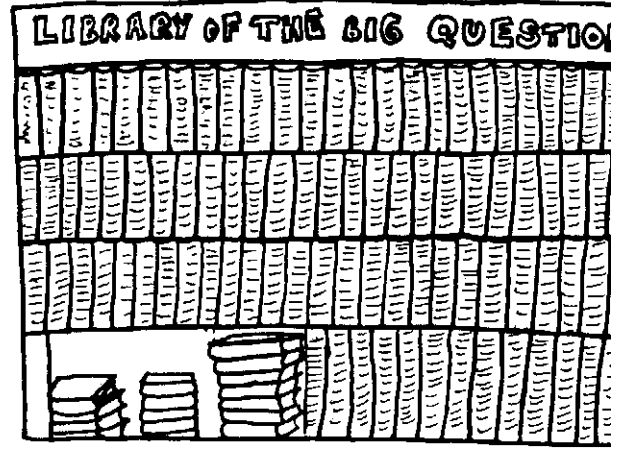
इ. स. ६२२ मध्ये इस्लाम धर्म संपूर्ण अरब राष्ट्रांत वेगाने पसरला. त्याच दरम्यान नैसर्गिक विद्वत्तावृत्ती झपाट्याने वाढली होती. अरबांना अलौकिक बुद्धिमत्तेचा वारसा ग्रीक व चिनींकडून अनुवांशिकतेने मिळाला होता. याशिवाय अरबी 'अल' किंवा 'द' यामुळे alchemy या शब्दाला अर्थ मिळाला - 'इजिप्शियन शास्त्र'.

जब्बीर इब्न हय्यान (जीबर) सन (७२१-८१५)

हा एक प्रसिद्ध अरेबियन किमयागार (alchemist) होता. जब्बीरच्या मते उष्ण, शीत, शुष्क आणि आर्द्र याच खऱ्या प्रवृत्ती आहेत, ज्यांना स्वतंत्र व ठोस असे अस्तित्व असते. उदाहरणार्थ, शुद्ध शीत वेगळे करून मिळवता येते. शुद्ध प्रवृत्ती बनविण्यासाठी पदार्थात त्या त्या नैसर्गिक गुणधर्मांचा किती भाग गेला आहे हे शोधणे किमयागारांचे (alchemist) काम होते. त्यातील योग्य मात्रा एकत्र करून इच्छित गुणधर्म असलेली वस्तू मिळवता येते. शुद्ध प्रवृत्ती मिळविण्याच्या प्रयत्नात बऱ्याच रासायनिक प्रक्रिया आणि प्रयोगशाळेत प्रात्यक्षिकांसाठी लागणारी उपकरणे या दरम्यान विकसित झाली. जब्बीरच्या कामात बऱ्याच मोठ्या प्रमाणात नैसर्गिक पदार्थांसहित प्राण्यांपासून तयार झालेल्या पदार्थांच्याही विध्वंसक उर्ध्वपातनाचे वर्णन केलेले आहे. तसेच परीस (elixir) वापरून चांदीचे सोन्यात रूपांतर करता येते, असे सुद्धा मानले आहे.



मात्र
महत्वाचा प्रश्न
तसाच राहिला...

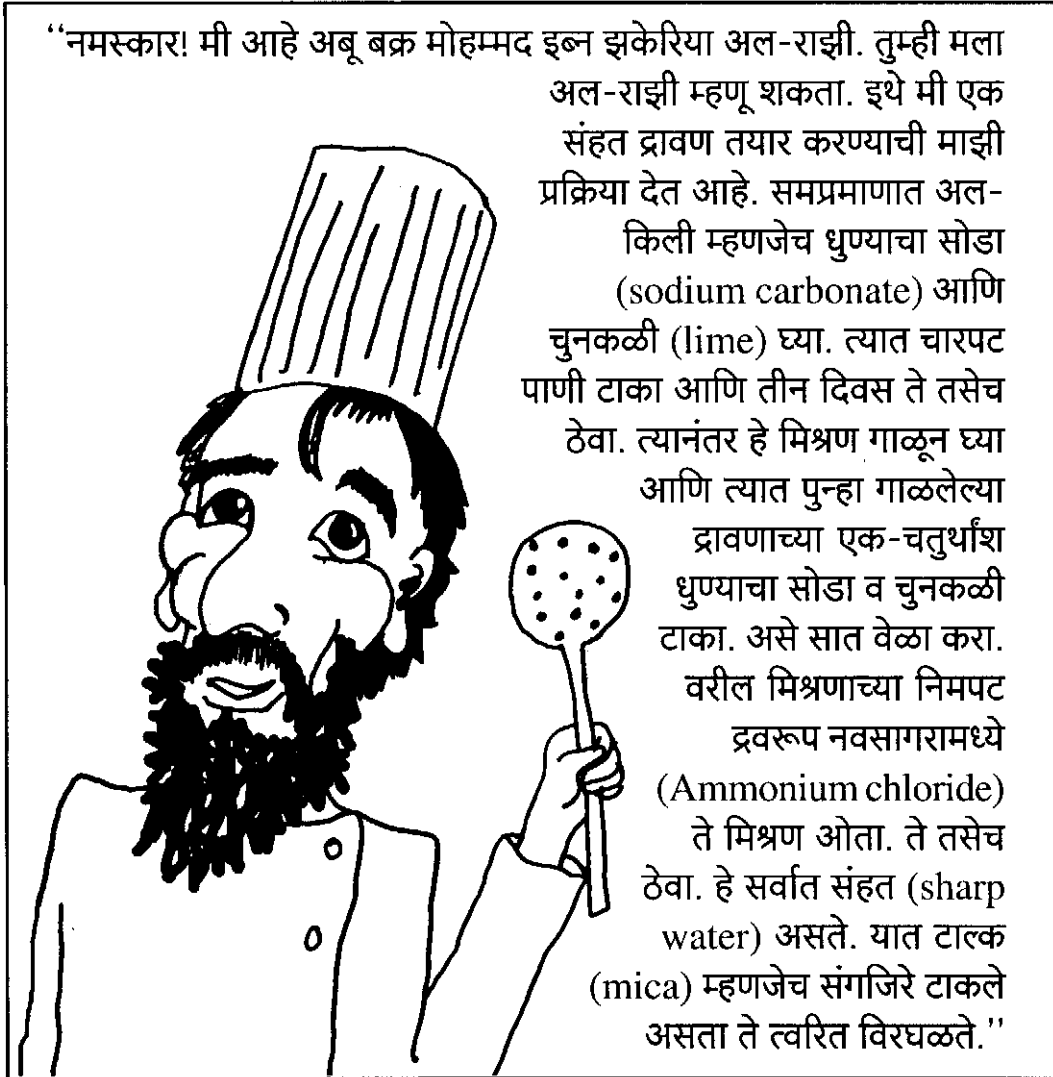


हा मोठा प्रश्नच आहे,
की
परीस बनवायचा कसा?



अल-राझी (न्हाजेस) (सन ८६०-९२५)

हे अरेबियन किमयाशास्त्रातील आणखी एक प्रसिद्ध नाव. हा एक वैदू होता. त्याने रसायनशास्त्राला व्यावहारिक आणि शास्त्रीय दिशा दिली. त्याचे लिखाण गूढवाद आणि रूपकात्मक वर्णनांपासून मुक्त होते. त्यात उपकरणांवर चर्चा असायची, पदार्थांचे वर्गीकरण असायचे आणि तांत्रिक कृती असायच्या. त्याचे सर्वात महत्त्वाचे योगदान म्हणजे, अल्कली व आम्ल तयार करण्याच्या त्याने दिलेल्या क्रिया. ही अल्कली व आम्ले, धातू व इतर पदार्थांसाठी द्रावक म्हणून वापरली जायची.



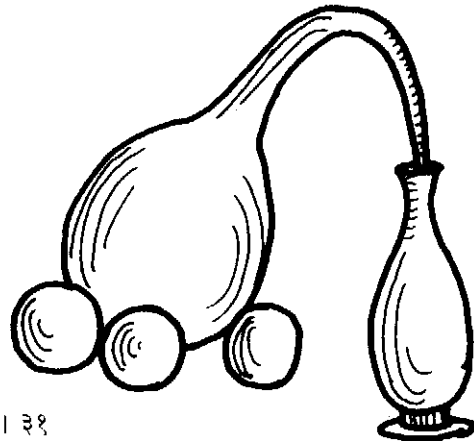
इ. स. ११, १२ व १३ वे शतक

जुन्या लिखाणातून व पुस्तकांतून किमयाशास्त्रावर बरेच भाष्य झाले. मात्र, त्यातून काहीही नवीन निष्पन्न झाले नाही. या सर्वांवर रहस्यमय कल्पनांचा पगडा होता आणि विज्ञानाने मात्र यावरची पकड गमावली होती. सुदैवाने या दरम्यान ग्रीकच्या शास्त्रीय कल्पना पूर्वी न स्वीकारणाऱ्या पश्चिमी युरोपने अरबांचे सिद्धान्त मात्र स्वीकारले होते. त्यामुळेच विज्ञानाची परंपरा चालू राहिली होती.

आता अरबांचे सिद्धान्त पश्चिमी देशांकडे जाऊ लागले होते. किमयाशास्त्राच्या हस्तलिखित प्रती भरपूर प्रमाणात लॅटीनमध्ये अनुवादित होऊ लागल्या होत्या. आता पश्चिम युरोप किमयाशास्त्राचे मुख्य केंद्र होऊ लागले. अरबांचं महत्त्व म्हणजे, त्यांनी भारतीय आणि चिनी विज्ञानाची युरोपला माहिती करून दिली.



इटलीच्या कारागिरांनी विकसित केलेली चांगल्या प्रतीची काच वापरून उर्ध्वपातनाच्या उपकरणांत सुधारणा करण्यात आली.



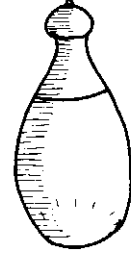
अल्कोहोलचे संहत द्रावण बनविणे शक्य झाले, ज्याला अँक्वा विटे (aqua vitae) म्हणजेच जीवनजल म्हणत. सोन्याला विरघळविणारे नत्राम्ल (nitric acid) व अँक्वा रेजीया (aqua regia) म्हणजेच हायड्रोक्लोरिक आम्ल व नत्राम्ल यांचे मिश्रण, हे सर्वसामान्य अभिकारक बनले आणि त्याचे खूप मोठ्या प्रमाणात उत्पादन होऊ लागले. यामुळे रसायनशास्त्राची पदार्थ विरघळविण्याची आणि द्रावणामध्ये प्रक्रिया करण्याची शक्ती मोठ्या प्रमाणात वाढली.



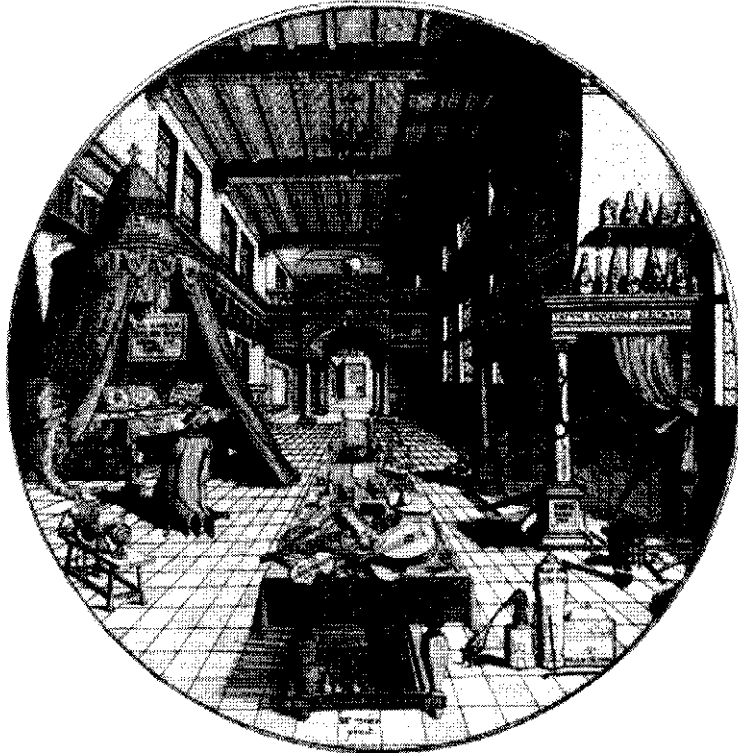
हायड्रोक्लोरिक आम्ल



नत्राम्ल



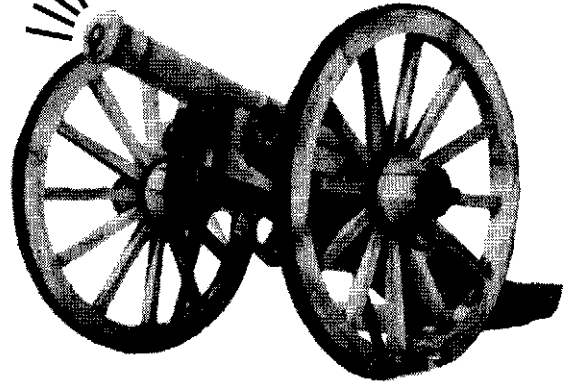
अँक्वा रेजीया aqua regia
(नत्राम्ल + हायड्रोक्लोरिक आम्ल)



किमयागारांची प्रयोगशाळा

बंदुकीची दारू

तयार करण्यात आली आणि तिचा वापर युद्धात होऊ लागला. समाजावर याचा फार मोठा प्रभाव पडला. असे मानले जाते, की पश्चिमी युरोपमधील सरंजामशाहीला हद्दपार करण्यात ही गोष्ट मोठ्या प्रमाणावर जबाबदार आहे. (वास्तविक चीनमध्ये दहाव्या शतकातच बंदुकीच्या दारूचा शोध लागला होता.)

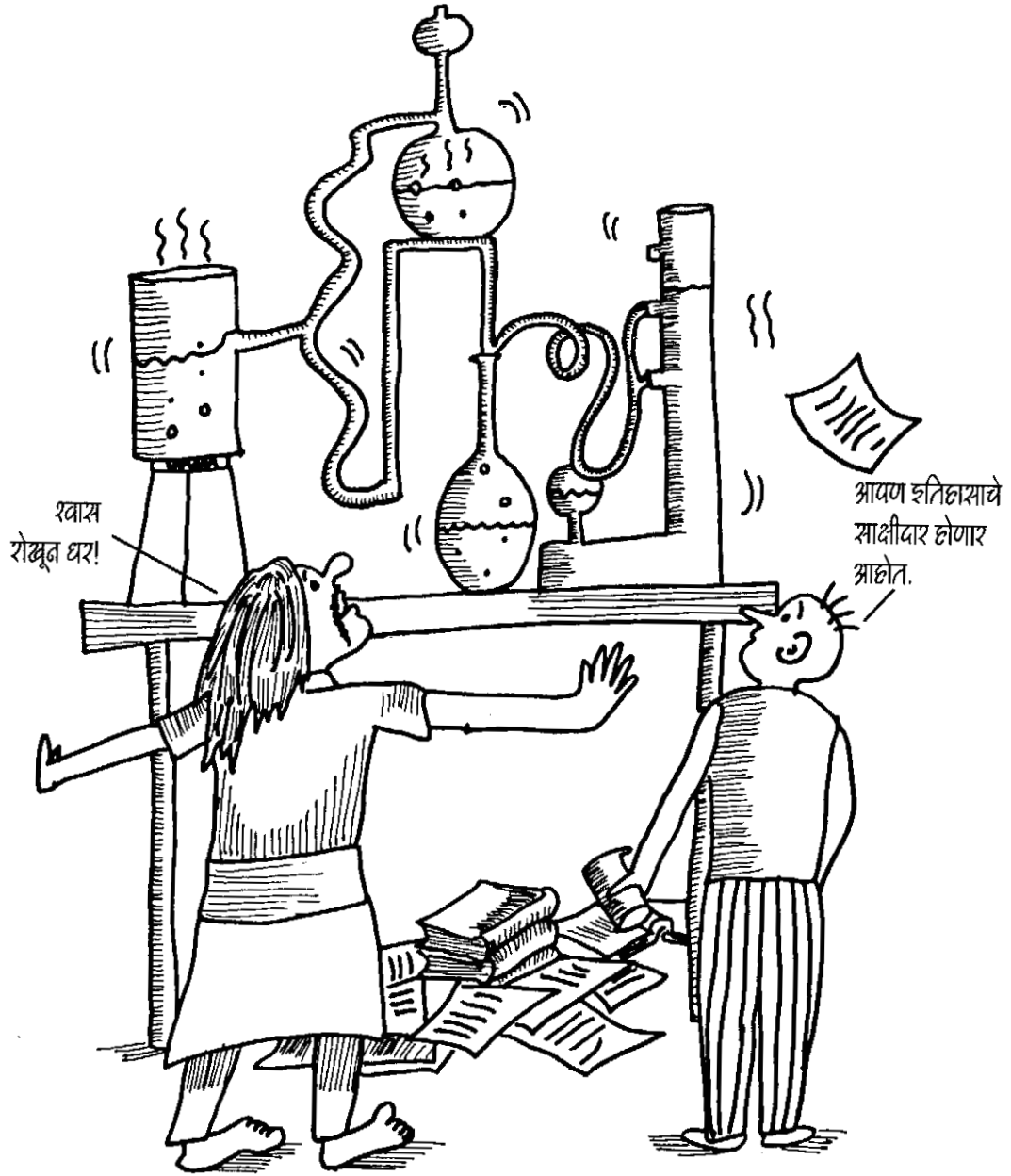


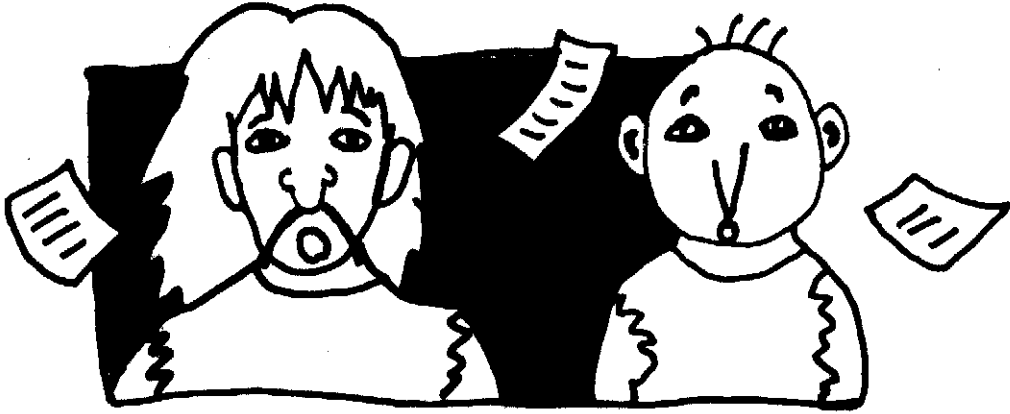
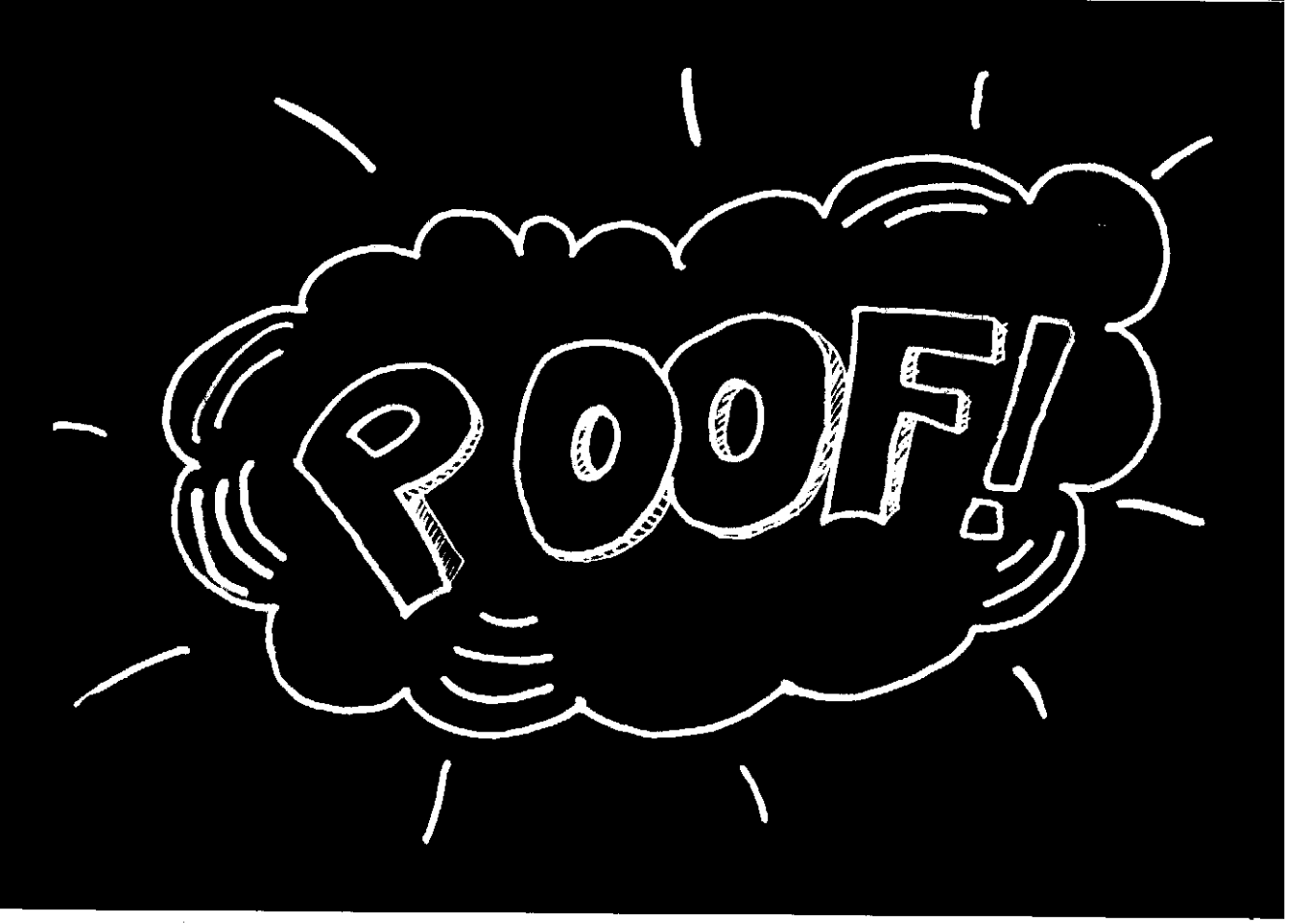
इ. स. चौदावे व पंधरावे शतक

या शतकात बऱ्याच घडामोडी घडल्या; परंतु यातील बहुतेक प्रयोग जुन्या किमयाशास्त्राच्या पद्धतीभोवतीच केंद्रित होते. किमयागारांनी बऱ्याच हस्तलिखित प्रती काढल्या. त्यात पूर्वीच्याच कल्पना वेगवेगळ्या शब्दांत मांडल्या होत्या.

ते वेड्यासारखे गुप्तपणे काम करत होते. ज्याचा स्पर्श झाल्यावर धातूचे रूपांतर सोन्यात होते, असा गूढ पदार्थ (philosopher's stone) मिळेलच, या आशेने ते अक्षरशः झपाटले होते.

प्रत्येक वेळी कसोटीचा दिवस येई...

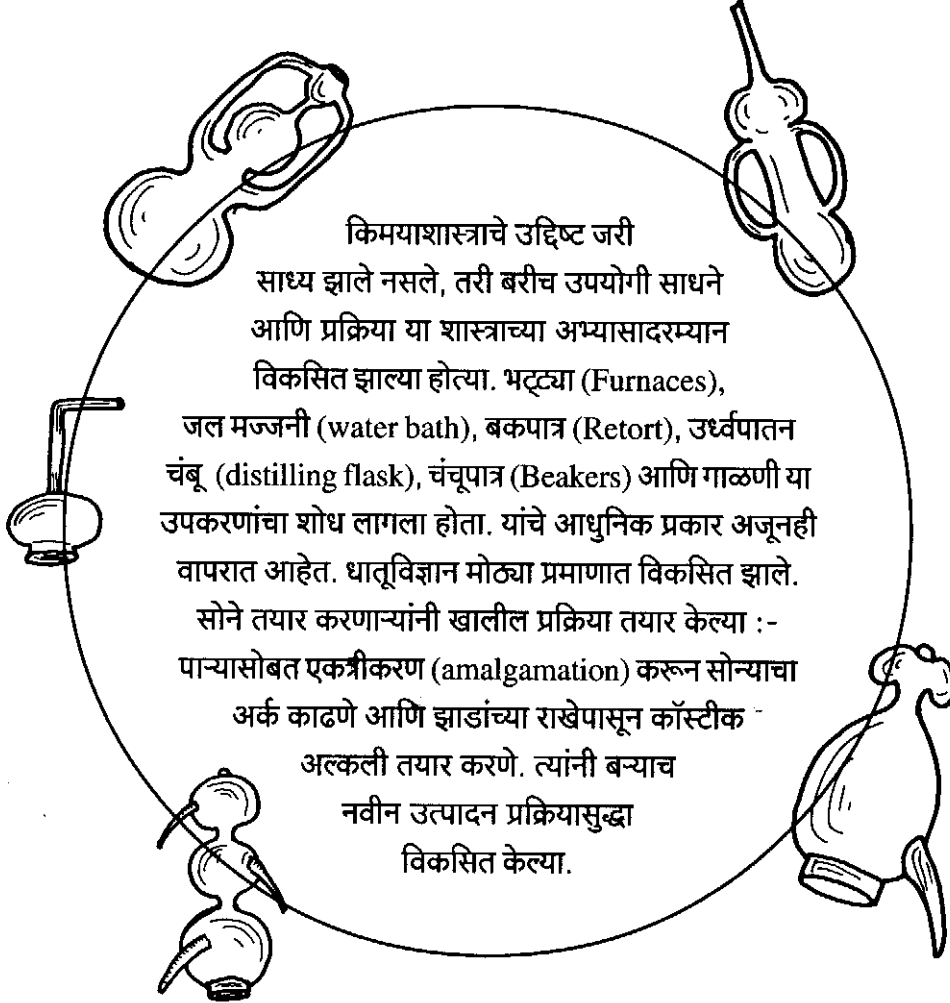




... आणि प्रत्येक वेळी पदरी घोर
निराशा पडे !

रुपकात्मक वर्णनपद्धती आणि गूढवादाचा कल वाढत होता आणि भोंदूपणाही बोकाळला होता. किमयाशास्त्राचा अंत जवळ येऊ लागला होता.

सोने बनविण्यासाठी
सोन्यापासूनच सुरुवात
करायला हवी, हे आता
मान्य करायलाच पाहिजे.



इ. स. सोळावे शतक

रसायनशास्त्रज्ञांनी केलेल्या प्रयोगांमुळे रसायनशास्त्र पुढे गेले. धातूविज्ञानशास्त्रातील मूल्यमापनात्मक प्रक्रिया, जसे धातूक किंवा मिश्रधातूचे पृथक्करण करून त्यातील विशिष्ट धातूचे प्रमाण निश्चित करणे आणि धातूकाच्या गुणांची चाचणी करण्याची पद्धत या दरम्यान विकसित झाली. खाणकामाची प्रत्यक्ष कृती धातूकांची अभिक्रिया आणि अभिकारक तयार करणे यांची तपशिलवार वर्णने करणारी पुस्तके प्रकाशित होऊ लागली. जेव्हा रसायनशास्त्राच्या तांत्रिक शाखांची प्रगती होत होती, त्यांची सैद्धांतिक बाजू मात्र अजूनही निष्क्रियच होती, असा हा काळ होता.

इ. स. १५०० व्या शतकात हायरोनीमस ब्रन्शविग

(सन १४५०-१५१३) याने 'लिबेर दी आर्ते दिस्तीलांदी'

(*Liber de arte distillandi*) हे महत्त्वाचे पुस्तक प्रकाशित केले.

ह्या पुस्तकात मुख्यतः वनस्पती किंवा प्राण्यांच्या

अवशेषापासून बाष्प- उर्ध्वपातन पद्धतीने तयार होणाऱ्या

वस्तू व त्यासाठी लागणारी उपकरणे यांचे स्पष्टीकरण

दिले होते. रासायनिक आणि उर्ध्वपातीत

उपकरणांच्या पुरक अशा विपुल रेखाचित्रांमुळे

आणि वर्णनांमुळे हे पुस्तक प्रचंड नवनिर्मितीक्षम

वाटते. हायरोनीमस उर्ध्वपातनाची प्रक्रिया

करताना जलमज्जनीचा (water bath) वापर

करायचा आणि वनस्पतींचा अर्क हवेच्या

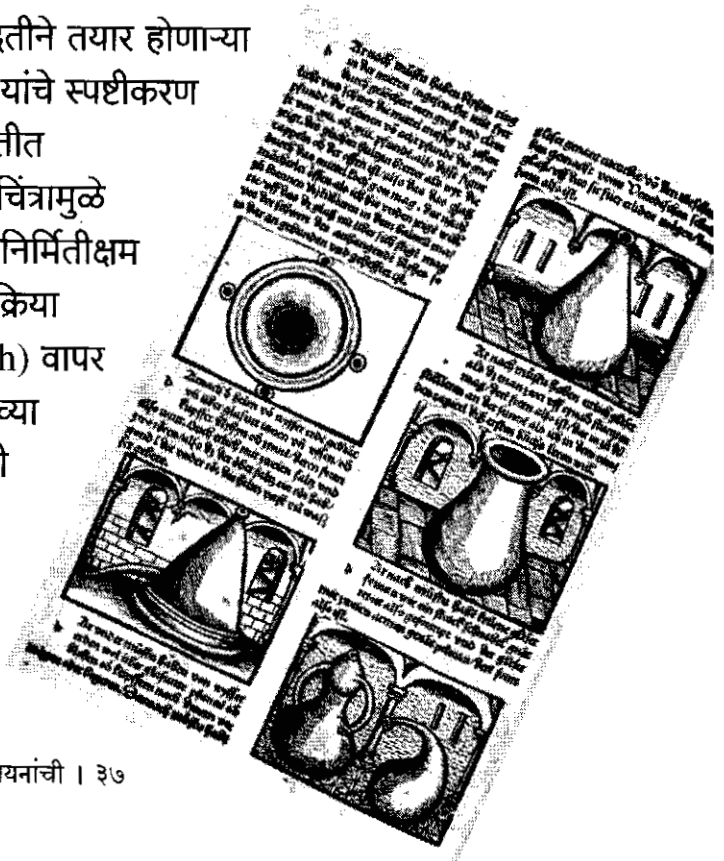
साहाय्याने थंड करून एका शंखाकृती

भांड्यात (Conical alembic)

द्रवीरूप करायचा. ह्या भांड्याला

रोझेन हट (rosenhut) म्हटले

जायचे.

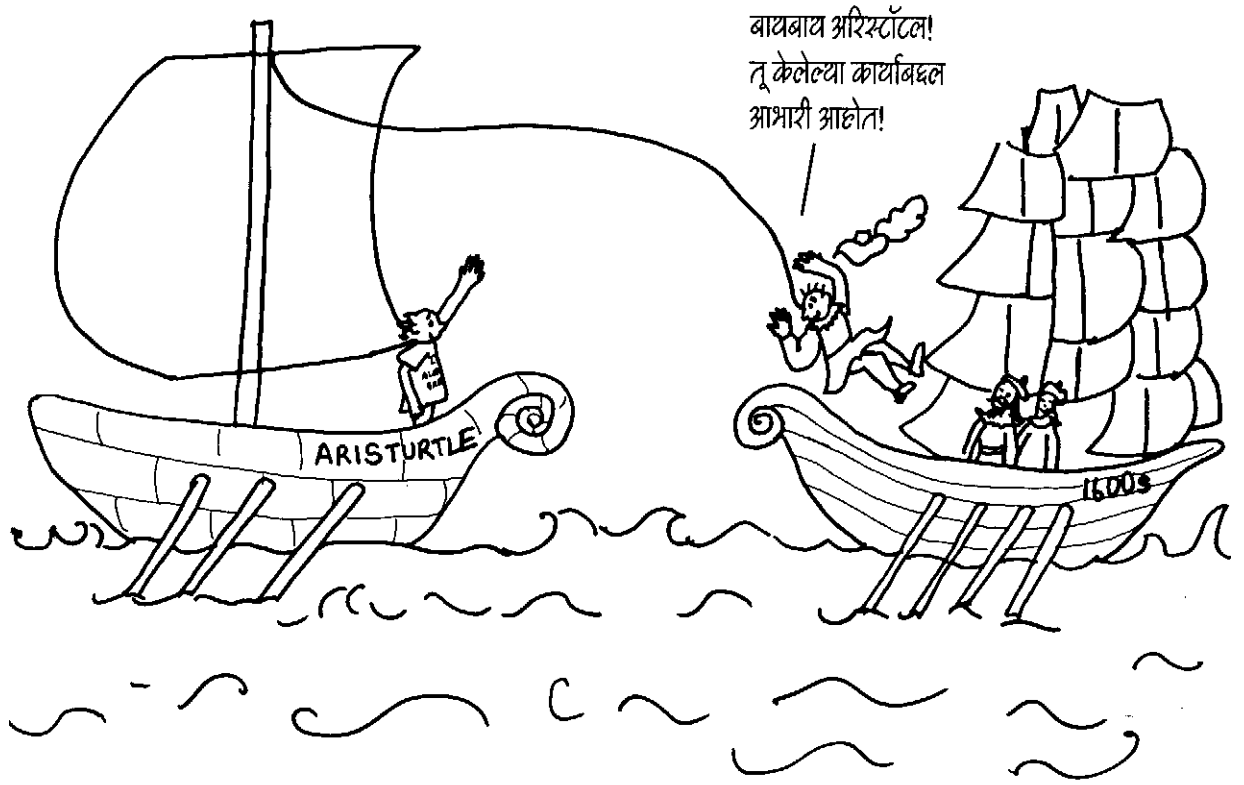


सोळाव्या शतकातील एक वादग्रस्त नाव म्हणजे फिलिपस थिओफ्रस्टस बोम्बास्टस वॉन होहेनहेम (सन् १४९३-१५४१). तो स्वतःला **पॅरासेल्सस** म्हणायचा. मानवी आजार बरे करण्यासाठी त्याने आयट्रोकेमिस्ट्री (Iatrochemistry) या रसायनशास्त्राच्या शाखेवर भर दिला.

त्याच्या लहरी रागीटपणामुळे आणि त्यावेळच्या किमयागारांवरील, तसेच डॉक्टर व औषधविक्रेत्यांवरील जहरी टिकेमुळे तो वादग्रस्त ठरला. पॅरासेल्ससने वेगवेगळ्या प्रकारच्या धातूंचे रासायनिक प्रक्रिया करून बघितल्या. अशा प्रकारे त्याने विविध धातूंच्या क्षारांचे द्रावण मिळवले. प्रत्येक प्रक्रिया म्हणजे वेगवेगळे परिवर्तन समजण्याऐवजी त्याने प्रथमच रासायनिक अभिक्रियेची कल्पना सर्वसामान्य भाषेत मांडली.



सतरावे शतक



या शतकात रसायनशास्त्राने स्वतंत्र शास्त्र म्हणून स्थान मिळवायला सुरुवात केली आणि रासायनिक प्रक्रियांच्या विचारांचा आणि तत्त्वज्ञानाचा उदय झाला. दोन दशकांपासून अस्तित्वात असलेल्या अरिस्टॉटलच्या काही कल्पना तेव्हा अक्षरशः मोडीत निघाल्या.

व्हॅन हेल्मंट (सन १५७७-१६४४)

हा धनाढ्य फिजीशियन बुसेल्सजवळ राहात होता. त्याने आपल्या आयुष्यातील निवृत्तीचा बराच कालावधी रासायनिक प्रयोग करण्यात घालविला. पाण्याचे रूपांतर इतर पदार्थांमध्ये होऊ शकते, असे त्याला वाटत असे; आणि ते सिद्ध करण्यासाठी त्याने खालील प्रयोग केले.

त्याने मातीचे वजन करून त्यात रोप लावले. त्याला पाच वर्षे पाणी घातले आणि त्याने दाखवून दिले, की झाडाचे वजन १६४ पाऊंड झाल्यावरही मातीचे वजन तेवढेच राहिले.

रोपाचा प्रत्येक भाग पाण्यापासून बनला आहे. म्हणून पाणी हे सर्व रासायनिक पदार्थांचा मुख्य घटक आहे, असे त्याच्या दृष्टीने सिद्ध झाले. हा युक्तिवाद चुकीचा असल्याचे जरी पुढे सिद्ध झाले असले, तरी प्रयोगांच्या साहाय्याने सत्य शोधून काढता येऊ शकते, ह्या कल्पनेचा उदय इथूनच झाला. तसेच द्रव्य कितीही बदलांतून गेले तरी ते तयार होत नाही व नष्ट होत नाही, हे गृहीतकही मूळ धरू लागले.



जोहान रूडाल्फ ग्लॉबर् (१६०७ ते १६७०)

हा स्वतः रसायनशास्त्रात पारंगत होता. विविध देशांमधील पद्धती शिकण्यासाठी तो युरोपभर भटकला आणि शेवटी अॅमस्टरडॅम येथे स्थायिक झाला. तेथे त्याने एक उत्कृष्ट प्रयोगशाळा बांधली.



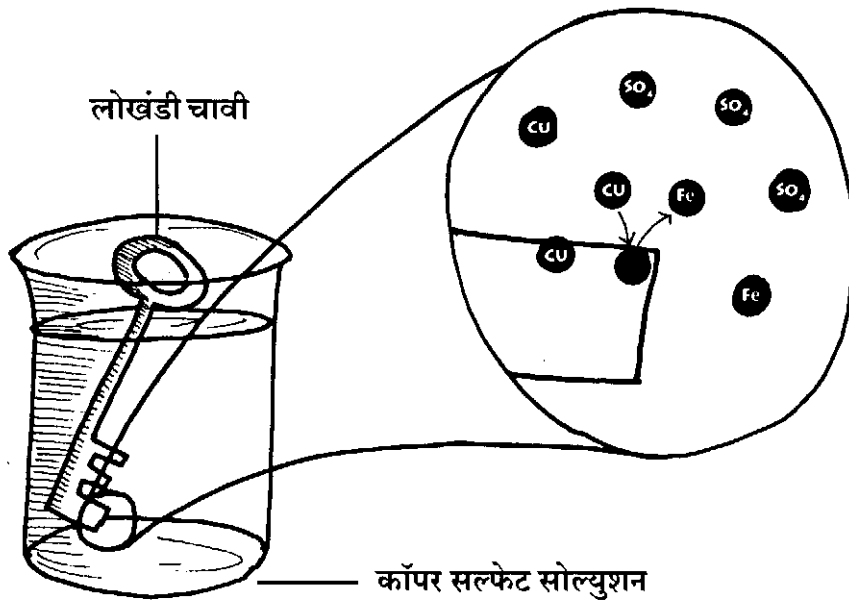
“क्षार दोन भागांपासून बनलेले असतात. एक भाग आम्लापासून बनतो तर दुसरा धातू अथवा धातूंच्या ऑक्साईडपासून. क्षारांची एकमेकांशी अथवा धातूंशी अभिक्रिया होऊन नवे क्षार तयार होतात. आम्लांच्या तीव्रता कमी-अधिक असतात. जास्त तीव्र आम्ले कमी तीव्रतेच्या आम्लांच्या क्षारांबरोबर संयोग पावतात. उदाहरणार्थ, नायट्रिक अॅसिडची पोटॅशियम कार्बोनेटबरोबर अभिक्रिया होऊन पोटॅशियम नायट्रेट तयार होते व कार्बन डाय ऑक्साईड वायू मोकळा होतो.”

पुढे सोडियम सल्फेट ग्लॉबर्स सॉल्ट म्हणून ओळखले गेले, कारण ते ग्लॉबरने अभिनव पद्धतीने तयार केले, तसे ते मोठ्या प्रमाणावर तयार करायची पद्धत शोधून काढली.

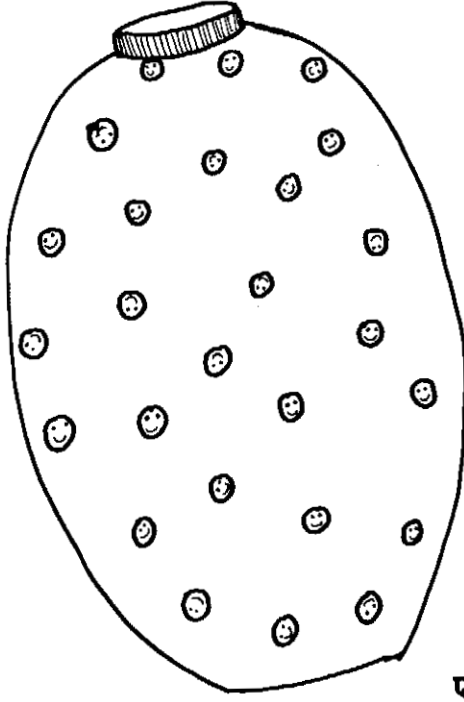
सतराव्या शतकात रसायनशास्त्राच्या सैद्धांतिक विचारात अभूतपूर्व बदल घडला. रासायनिक प्रक्रियांत पूर्णतः नवे पदार्थ तयार होत असून त्यात पूर्वीच्या पदार्थाचा अंशही उरत नाही, या प्रकारचे ॲरिस्टॉटलीयन सिद्धान्त मागे पडले. तर तोच पदार्थ निरनिराळ्या रासायनिक बदलांमधून जाऊनही तसाच राहतो, हे पुढे प्रयोगांद्वारे गोळा केलेल्या पुराव्यावरून सिद्धही होत गेले. मूलद्रव्यांमध्ये सर्व प्रक्रियांमधून गेल्यावरही न बदलणारे असे काही गुणधर्म असतात, असे गृहीत धरले गेले. इथूनच डेमॉक्रिटसचा अणुसिद्धान्त (Atomic Theory) पुनर्जिवीत झाला.

जोअॅकिम जंग (सन १५८७ ते १६३७)

जोअॅकिम जंगने बऱ्याच प्रक्रियांचे स्पष्टीकरण अणूंच्या दृष्टिकोनांतून दिले. उदाहरणार्थ, कॉपर सल्फेटच्या (Copper sulphate) द्रावणात ठेवलेल्या लोखंडी तुकड्याच्या पृष्ठभागावर लोखंडाच्या जागी तांबे (Copper) प्रस्थापित होणे म्हणजे मूलद्रव्यांतरण नसून फक्त अणूंची अदलाबदल असते.



रॉबर्ट बॉईल (सन १६२७ ते १६९१) हा आयरीश हौशी संशोधक इंग्लंडमध्ये स्थायिक झाला होता. त्याने प्रयोगांद्वारे वायूचे दाब व आकारमान यांच्या व्यस्त संबंधाबाबत निश्चित निदान मांडले.



बापरे? मला इथून बाहेर येऊ द्या! मी इथे यावेदा त्रास्त दाब सहन करू शकत नाही.



बॉईल म्हणतो, “लहान, भरीव, अभेद्य कण म्हणजेच कॉर्पस्कल्स (Corpuscles).

निसर्ग ह्या कणांनी भरलेला असतो.

वातावरणात सगळीकडे हे कण असतात.

बऱ्याच रासायनिक प्रक्रियांमधून हे पदार्थकण एकत्र येऊन मोठ्या कणांचे समूह तयार होतात.

हेच समूह परिमाण, आकारमान, आकार व गती हे गुणधर्म त्या त्या पदार्थांना देतात.”

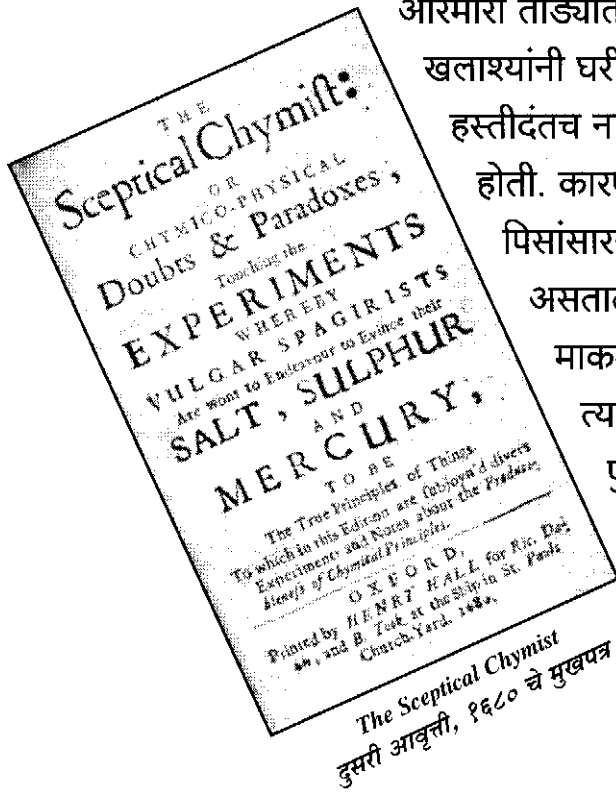
डेमॉक्रिटसची अणूंची कल्पना मागे पडली होती. मात्र, बॉईलने ‘अणू’ शब्दाऐवजी ‘पदार्थकण’ हा शब्द वापरला होता.

ॲरिस्टॉटलच्या आकार व गुणांची कल्पना बाजूला ठेवून बॉईलने रासायनिक प्रक्रियांचे यांत्रिक चित्र दाखवायचा प्रयत्न केला.



बॉईलचे 'द स्केप्टीकल किमिस्ट' - 'The Sceptical Chymist' हे प्रसिद्ध पुस्तक १६६१ मध्ये प्रकाशित झाले. यात त्याने खात्रीलायक प्रतिवाद करून पुराव्याने बऱ्याच कल्पना खोडून काढल्या होत्या. हे पुस्तक मोठे होते. त्याची लेखनशैली विनोदी होती. यात त्याने किमयागारांची तुलना सॉलोमनच्या लढाऊ गलबतांच्या

आरमारी तांड्यातील कुशल दर्यावर्द्यांशी केली होती; ह्या खलाश्यांनी घरी परत येताना फक्त सोने, चांदी आणि हस्तीदंतच नाही, तर मोर आणि माकडंसुद्धा आणली होती. कारण त्यांच्या मते त्यांची गृहीतके "मोराच्या पिसांसारखी तरी होती, दिसायला फारच सुंदर असतात, पण त्यांचा काही उपयोग नसतो; किंवा माकडांसारखी, जी ठीकठाक वाटली, तरी त्यांच्या विचित्रपणामुळे त्यांचे हसेच होते." हे पुस्तक सतराव्या शतकातील शास्त्रज्ञांना नवीन दृष्टिकोन देण्यास फारच परिणामकारक ठरले.



१६४० मध्ये शास्त्रज्ञांनी एकत्रितपणे भेटायला आणि प्रयोगशाळेत त्यांना येणाऱ्या अडचणींवर चर्चा करायला सुरुवात केली. सुरुवातीला या भेटी अनौपचारिक असत. पुढे त्यांनी एक औपचारिक संस्था बनवली. यातील एक गट बॉईल सदस्य असलेल्या Invisible College चा होता. हा गट ऑक्सफर्ड आणि लंडनमध्ये भेटून चर्चा, विचारविनिमय करत असे. यातूनच पुढे १६६२ साली लंडनमध्ये 'रॉयल सोसायटी'चा उदय झाला.



सतराव्या शतकाच्या

शेवटी शास्त्रज्ञांचे लक्ष ज्वलनाची प्रवृत्ती आणि रासायनिक संयुगांना
एकत्रित ठेवणाऱ्या शक्ती यांवर केंद्रित झाले.

एखाद्या जळणाऱ्या वस्तूचे निरीक्षण करताना त्या वस्तूपासून ज्योत
बाहेर पडताना दिसायची, म्हणजे या क्रियेमध्ये काहीतरी नष्ट होत
असले पाहिजे. कार्बनी पदार्थ जळल्यावर शिल्लक राहणारी वजनाने
हलकी राख, या विधानाला पुष्टीच देत होती.

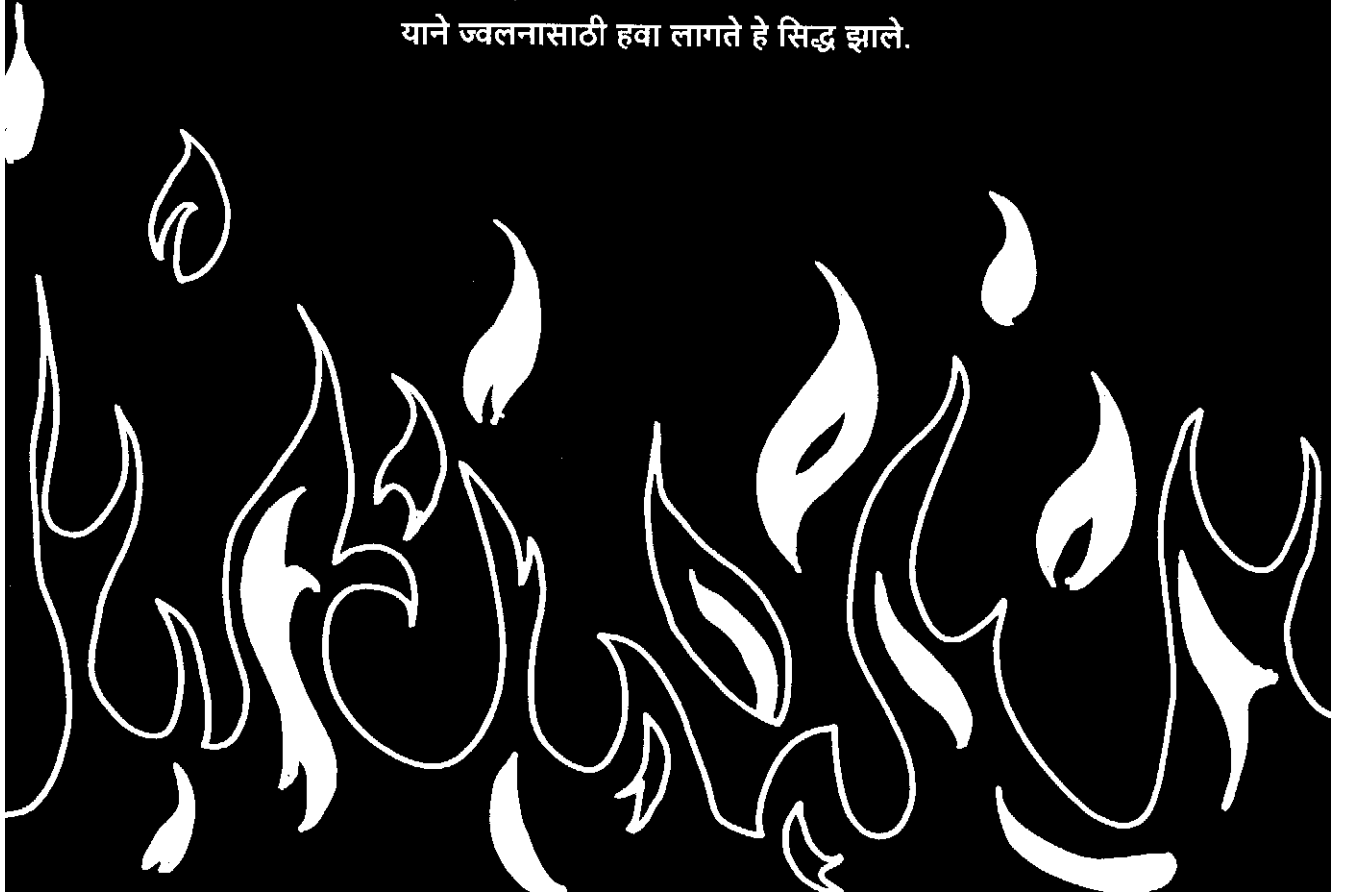
धातूच्या ज्वलनानंतर त्याचे त्यापेक्षा जड भुकटीमध्ये
रूपांतर होते, हे त्यावेळच्या कारागिरांना ठाऊक होते.

मात्र, ते याचा संबंध कार्बनी पदार्थाच्या
ज्वलनाशी लावू शकले नाहीत.

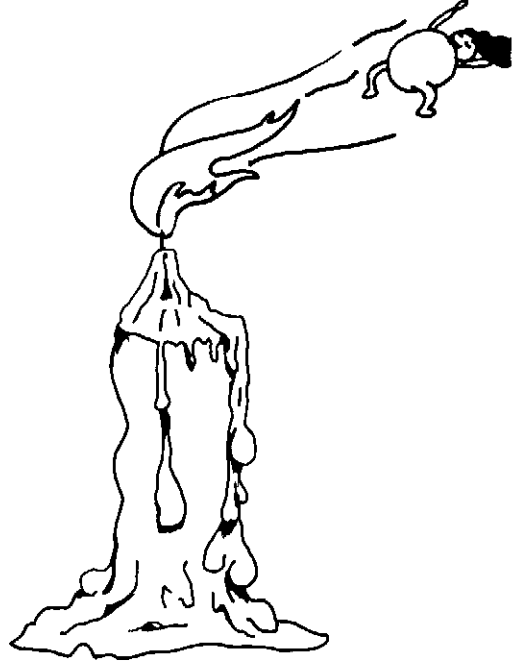
ज्वलनासाठी हवा लागते हे मात्र त्यांच्या प्रयोगांनी दाखवून दिले.
उदाहरणार्थ, बॉईलने सल्फर निर्वात जागी जाळायचा प्रयत्न केला.

मात्र, त्यात त्याला अपयश आले.

याने ज्वलनासाठी हवा लागते हे सिद्ध झाले.



जो ऑकिम बेकर (सन १६३५ ते १६८२) जर्मनी - याच्या असे लक्षात आले, की पदार्थांमधील टेरा पिंगस (Terra Pingus) नामक मेदयुक्त घटक जळतात. यामुळेच ज्वलनादरम्यान इतर द्रव्य मागे राहते.



नंतर त्याचा शिष्य **जॉर्ज अर्नेस्ट स्टॉल** (सन १६६० ते १७३४) याने ही कल्पना पुढे नेली, ज्वलनाच्या प्रक्रियेचे स्पष्टीकरण दिले. मेदयुक्त पदार्थांना स्टॉलने **फ्लॉजीस्टन** (phlogiston) हे नाव दिले. फ्लॉजीस्टन ह्या ग्रीक शब्दाचा अर्थ आहे 'जळणे' अथवा 'ज्वलनशील'.



“ज्वलनादरम्यान पदार्थांमधून फ्लॉजीस्टन निघून जाते. फ्लॉजीस्टन जाण्यासाठी हवा हे आवश्यक माध्यम आहे. धातू तापवल्यावर फ्लॉजीस्टन उडून जाते आणि त्याचे राखेत (calx/oxide) रूपांतर होते. म्हणूनच धातू हा राखेपेक्षा (Calx) जास्त जटील पदार्थ आहे.”



“झाडे हवेतून फ्लॉजीस्टन शोषून घेतात आणि ती फ्लॉजीस्टनयुक्त बनतात. झाडांमधील पदार्थाचा धातूच्या कॅल्सेस (संयुगे) बरोबर प्रक्रिया होऊन ही संयुगे फ्लॉजीस्टनयुक्त बनतात व त्यापासून पुन्हा धातू मिळतो. लोणारी कोळसा हा फ्लॉजीस्टनयुक्त असतो आणि तो यासाठी फार उपयुक्त आहे.”

फ्लॉजीस्टन सिद्धान्ताने ज्वलनाच्या बाबतीत फारच चांगले स्पष्टीकरण पुरवले आहे. मात्र, ते सध्याच्या विचारांच्या अगदी उलट होते. उदाहरणार्थ, आक्सिडीकरणादरम्यान आपण असे समजतो, की पदार्थ ऑक्सिजन घेतो. मात्र, स्टॉलच्या म्हणण्यानुसार पदार्थ फ्लॉजीस्टन देऊन टाकतो.



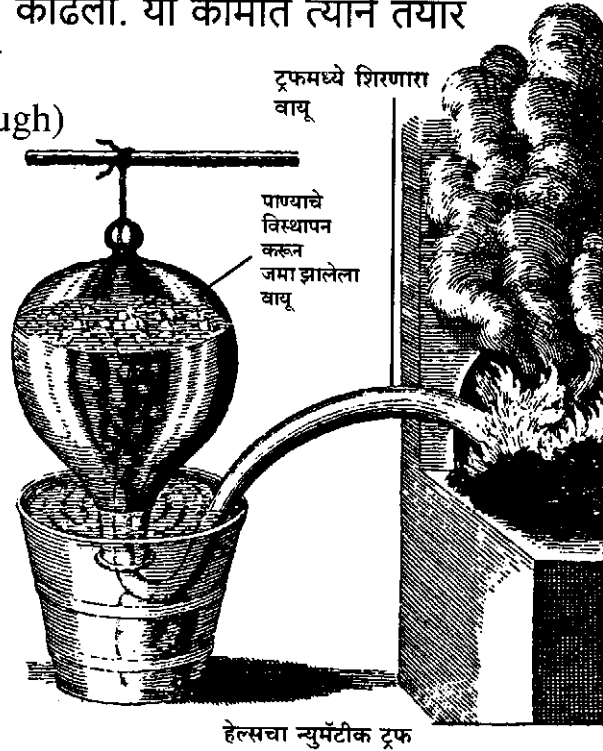
परंतु इथे एक स्पष्ट विसंगती होती. जेव्हा कार्बनी पदार्थ जळतो, तेव्हा उत्पादित पदार्थ हा मूळ पदार्थापेक्षा वजनाने कमी असतो. इथे धातूच्या भंजनामुळे (Calcination) अडचण निर्माण झाली. येथे प्रक्रिया सारखीच असली तरी उत्पादित पदार्थाचे वजन हे मूळच्या पदार्थापेक्षा जास्त होते. मात्र, स्टॉलसाठी हे महत्वाचे नव्हते. तो स्पष्ट व निश्चित अशा जड वस्तूऐवजी फ्लॉजीस्टनचा मूलतत्त्व म्हणून विचार करत होता. फ्लॉजीस्टनचे अस्तित्व सिद्ध मात्र करता येत नव्हते. या कपोलकल्पित विचारांचा जेव्हा त्याच्यासाठी गैरसोयीच्या असणाऱ्या वास्तवाशी सामना झाला तेव्हा फ्लॉजीस्टन सिद्धान्त मागे पडू लागला; पण सतराव्या शतकाच्या मध्यावर फ्लॉजीस्टन सिद्धान्त जवळपास पूर्णतः स्वीकारला गेला होता, हे विसरून चालणार नाही.



वायू हे रासायनिक प्रक्रियांमध्ये भाग घेत नाहीत, असे सतराव्या शतकाच्या अखेरपर्यंत समजले जायचे. अठराव्या शतकातील सर्वात महत्त्वाचे प्रायोगिक संशोधन म्हणजे वायूंचे अलगीकरण (Isolation) आणि रसायन म्हणून प्रत्येक वायूची स्वतंत्र ओळख.

स्टीफन हेल्स (सन १६७७ ते १७६१)

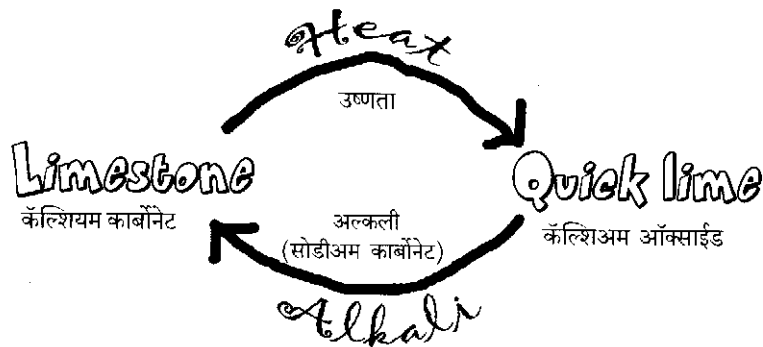
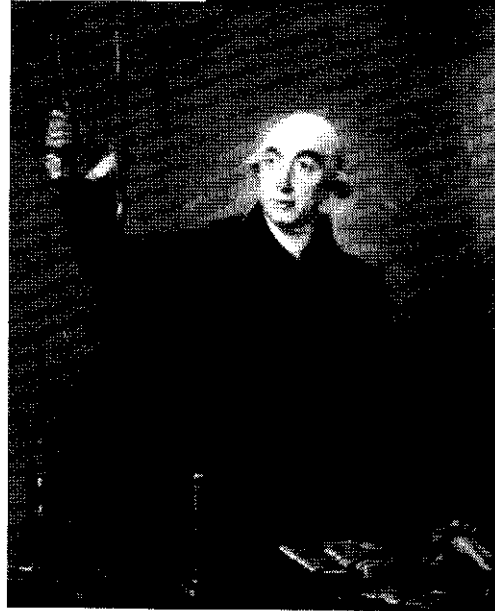
या इंग्लिश धर्मोपदेशकाने वेगवेगळ्या पदार्थांना उष्णता देऊन त्यातून निघालेल्या 'हवेची' मात्रा शोधून काढली. या कामात त्याने तयार झालेले वायू गोळा करण्यासाठी न्युमॅटीक ट्रफ (pneumatic Trough) वापरले. त्यानंतरच्या रसायनशास्त्रातील वायूंच्या क्षेत्रात काम करणाऱ्यांसाठी हे उपकरण फार महत्त्वाचे ठरले.



स्कॉटलंडमधील **जोसेफ ब्लॅक** (सन १७२८ ते १७९९) यांनी वायूसंबंधी तोपर्यंत झालेल्या सर्व प्रकारच्या अभ्यासांचं संकलन केलं. हा त्यांच्या एडीनबर्ग विद्यापीठामधील Doctor of Medicine साठीच्या प्रबंधाचा एक भाग होता.

“कॅल्शियम कार्बोनेटला (CaCO_2) तापविल्यावर त्यातील वायू मुक्त होतो आणि त्याचे रूपांतर (CaO) कॅल्शियम ऑक्साईडमध्ये (quick lime) होते. कॅल्शियम ऑक्साईडची सोडियम कार्बोनेटबरोबर अभिक्रिया होऊन मूळ कॅल्शियम कार्बोनेट (limestone) परत मिळतो.”

“आपण पाहिले, की वायूंची रासायनिक प्रक्रिया होते. वायू (CO_2) घनरूपात मिळू शकतो. आपण याला निश्चित हवा म्हणजेच 'fixed air' म्हणूया.”



यामुळे शास्त्रज्ञांच्या विचारांचे स्वरूप पूर्णपणे बदलले. प्रथमच असे दिसून आले, की वायू रासायनिकरित्या एखाद्या घनवस्तूशी संयोग पाऊन एखाद्या अज्ञात बलाने बांधला जाण्याऐवजी त्यापासून वेगळे गुणधर्म असणारा नवा पदार्थ तयार होऊ शकतो.

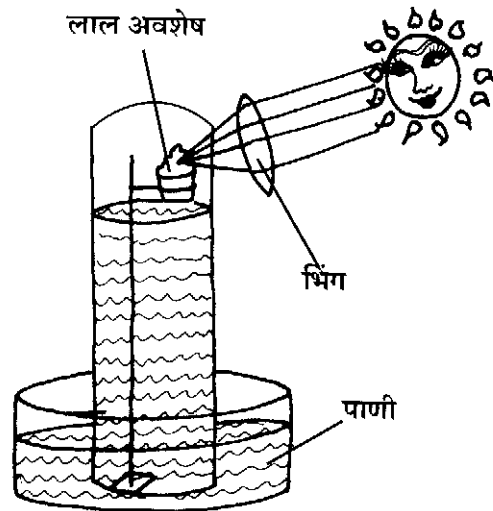
जोसेफ प्रिस्टले (१७३३ ते १८०४)

हा एक हौशी रसायनतज्ज्ञ होता. तो पाद्री असला तरी त्याचे चर्चशी मतभेद होते. तो रसायनशास्त्र अजिबात शिकला नव्हता आणि त्याने वयाच्या अडतिसाव्या वर्षापर्यंत रासायनिक संशोधनाला सुरुवातही केली नव्हती. तो एका दारूभट्टीजवळच राहायचा. त्याला ह्या भट्टीमुळे कार्बन-डाय-ऑक्साईडचा फार मोठा साठा मिळत असे. यातून त्याने वायूंचा अभ्यास केला आणि जळत्या लाकडावर कार्बन डायऑक्साईड सोडल्यास आग विझते हे शोधून काढले.

प्रिस्टलेने Pneumatic Trough मध्ये पाण्याऐवजी पान्याचा (mercury) वापर केला आणि वायूंचे विलगीकरण (Isolate) करण्यात यश मिळवले. तोपर्यंत वायूंचे विलगीकरण शक्य झाले नव्हते. (कारण ते पाण्यात विरघळत असत.) प्रिस्टलेने सर्वप्रथम वायूंचे विलगीकरण करण्याचा मान मिळवला. त्याने वायूंना नायट्रिक ऑक्साईड, कार्बन मोनॉक्साईड, सल्फर डायऑक्साईड, हायड्रोजन क्लोराईड व अमोनिया, असे त्यांच्या लक्षणांचा अभ्यास करून वेगळे केले.

सन १७७४ - भिंगाच्या साहाय्याने मर्क्युरिक ऑक्साईडचा लाल अवक्षेप (precipitate) जाळल्यावर त्याला रंगहीन, गंधहीन वायू मिळाला. या वायूच्या उपस्थितीत मेणबत्ती जास्त प्रखर जळते, तसंच हवेनं भरलेल्या बंद बरणीपेक्षा ह्या वायूनं भरलेल्या बरणीमध्ये प्राणी जास्त काळ जगतात, हे त्याच्या लक्षात आलं. प्रिस्टलेने प्राणवायूचा म्हणजेच ऑक्सिजनचा... शोध लावला होता.

१७७२ मधला
प्रिस्टलेचा
कार्बन-डाय-
ऑक्साईडवरचा
प्रयोग. या प्रयोगाने
सोडा वॉटरचा
शोध लागला !

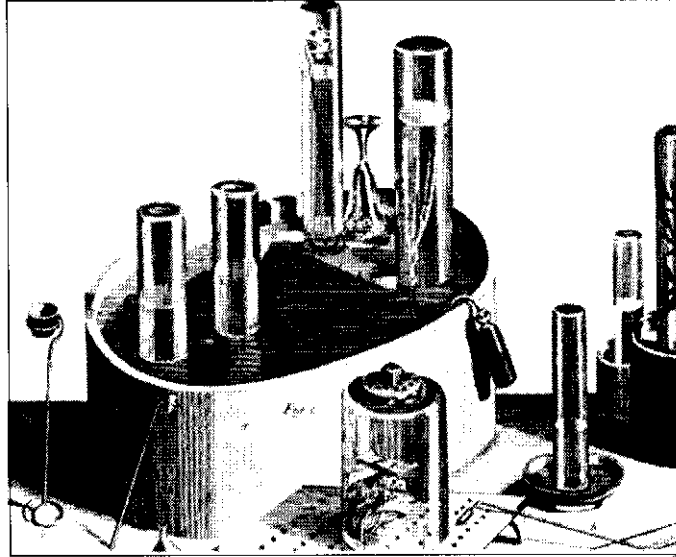


“ही फ्लॉजीस्टॉनविरहित हवा.

कारण ज्वलनादरम्यान मोकळा होणारा फ्लॉजीस्टॉन शोषून घेण्याची या हवेत प्रचंड क्षमता असते.”

कार्ल विल्हेम शील (सन १७४२ ते १७८६)

या दुसऱ्या एका शास्त्रज्ञाने हाच वायू स्वतंत्रपणे शोधून काढला.



प्रिस्टलेच्या *Experiments and Observation on Different kind of air* या पुस्तकातून हे चित्र घेण्यात आले आहे. यात वायूंच्या प्रयोगासाठी लागणारे प्रिस्टलेचे उपकरण दाखवले आहे. यातील मोठे भांडे म्हणजेच न्यूमॅटिक ट्रफ (Pneumatic Trough). उलट्या ठेवलेल्या एका बरणीत उंदीर, तर दुसऱ्यात रोप ठेवले आहे.

**हिरवी झाडे शुद्ध हवा
वातावरणात सोडतात, हेसुद्धा
प्रिस्टलेने शोधून काढले. प्रकाश
संश्लेषणाच्या पुढील अभ्यासासाठी
हा पाया महत्त्वाचा ठरला.**

फ्लोजीस्टॉन सिद्धांताच्या साहाय्याने स्पष्ट न होऊ शकलेली बरीच प्रायोगिक माहिती आज उपलब्ध आहे.

आंजुआन लॉरेन्ट लॅव्हॉयजियेर (सन १७४३ ते १७९४)

हा एक श्रीमंत फ्रेंच माणूस होता. याने ज्वलन आणि इतर रासायनिक प्रक्रियांना सैद्धांतिक चौकट दिली. रसायनशास्त्राला आवश्यक असणारी आधुनिक बैठक लॅव्हॉयजेच्या संशोधनामुळे मिळाली.

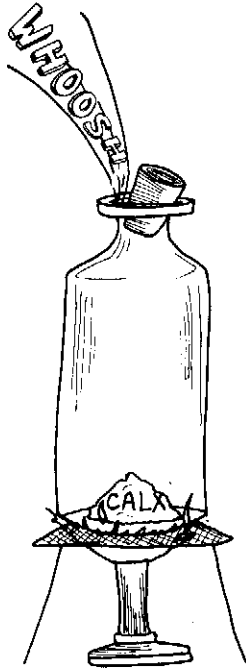
हा टप्पा बऱ्याचदा **‘रासायनिक क्रांती’** म्हणून ओळखला जातो.

“धातूंचे भंजन (Calcination)

फॉस्फरस व सल्फरच्या

ज्वलनाप्रमाणेच असते आणि यात

हवेचासुद्धा सहभाग असतो.”

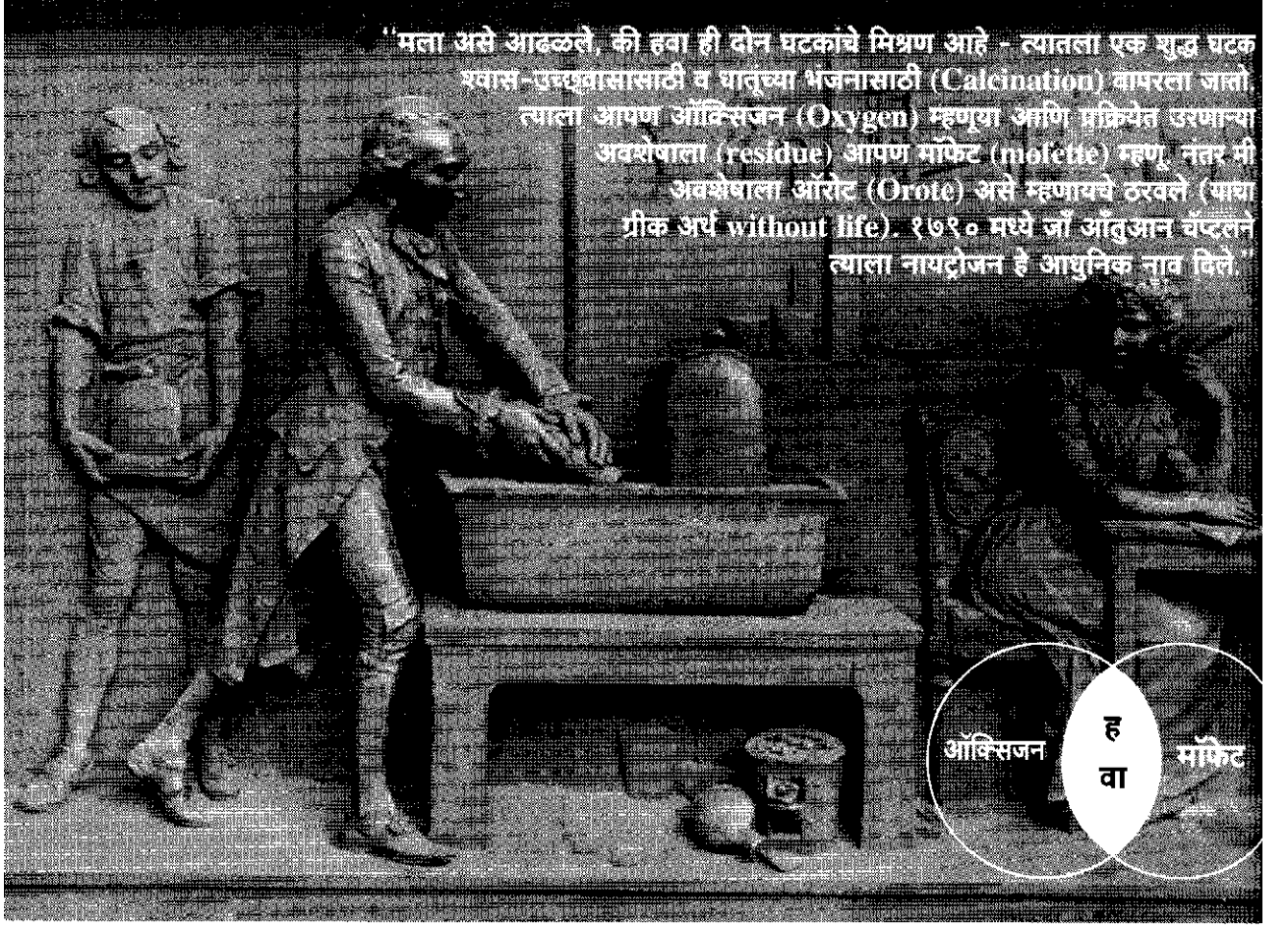


सन १७७०



आंजुआन लॉरेन्ट लॅव्हॉयजियेर

मध्ये त्याने एक प्रयोग केला. यात त्याने एका बंद भांड्यात टीन जाळले. जेथे टीनचे अंशतः ऑक्साईडमध्ये रूपांतर झाले; परंतु भांडे उघडेपर्यंत त्याचे वजन मात्र वाढले नाही. ते उघडल्यावर आत जाणाऱ्या हवेचा आवाज त्याला ऐकू आला. धातूचा हवेबरोबर संयोग होऊन ऑक्साईड तयार झाले आणि त्यामुळेच वजनात वाढ झाली हे स्पष्ट होते. या प्रयोगानंतर हे लक्षात आले, की पूर्वी फ्लोजीस्टन सिद्धान्ताच्या चौकटीत विचार करणाऱ्यांना वाटायचे त्याप्रमाणे धातू म्हणजे ऑक्साईड नसून त्यापेक्षा मूळ रूपातला पदार्थ आहे.



“मला असे आढळले, की हवा ही दोन घटकांचे मिश्रण आहे - त्यातला एक शुद्ध घटक श्वास-उच्छ्वासासाठी व घातूच्या भजनासाठी (Calcination) कामरता जातो. त्याला आपण ऑक्सिजन (Oxygen) म्हणूया आणि प्रक्रियेत उरणाऱ्या अवशेषाला (residue) आपण मॉफेट (mofette) म्हणू. नंतर मी अवशेषाला ऑरोट (Orote) असे म्हणायचे ठरवले (याचा ग्रीक अर्थ without life). १७९० मध्ये जॉँ ऑतुआन चॅपलाने त्याला नायट्रोजन हे आधुनिक नाव दिले.”

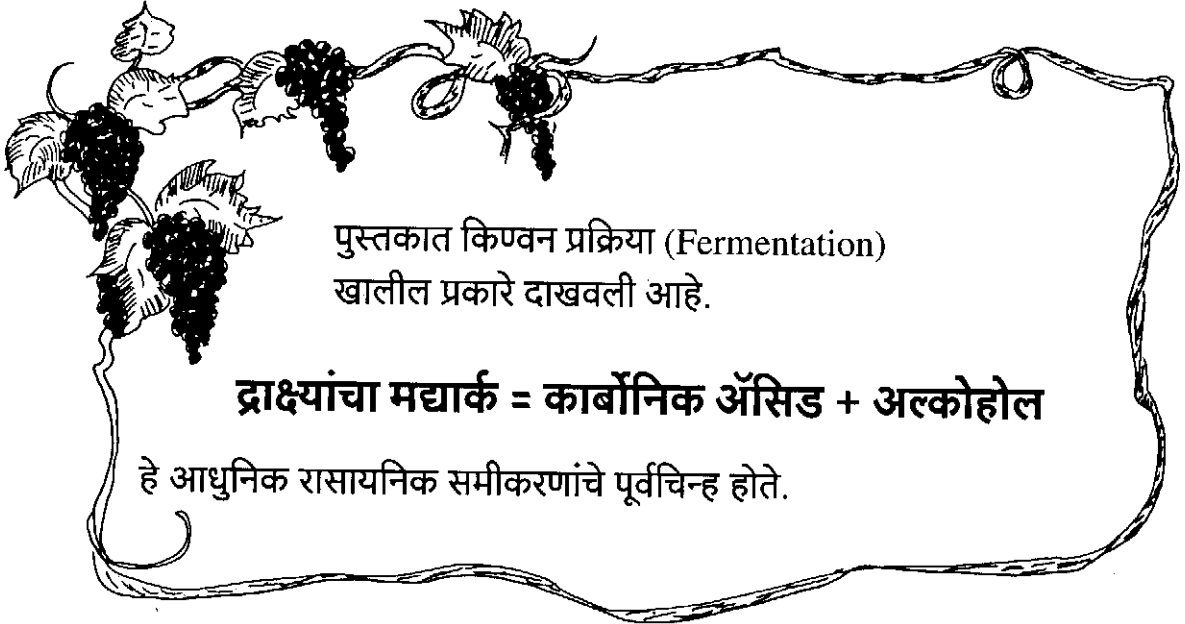
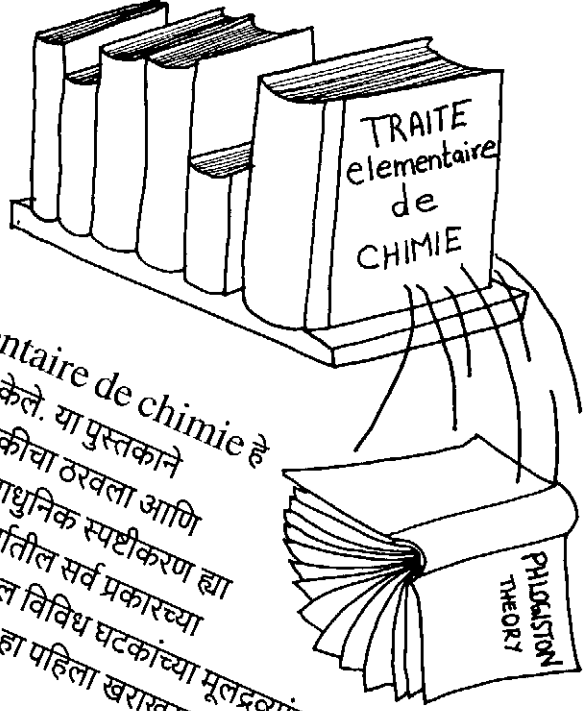
फ्लोजीस्टन सिद्धान्ताच्या बऱ्याच कमकुवत बाजू होत्या. प्रत्येक वेळी ज्वलनामध्ये ऑक्सिजनच्या संयोगासोबतच उष्णता व प्रकाश उत्पन्न होतो, हे कळल्यानंतर या कमकुवत बाजू टाळणे शक्य झाले.

लॅव्हॉयजियरचा सिद्धान्त पूर्ण होण्यासाठीची शेवटची पायरी होती **पाण्याचे घटक** (Composition) समजून घेणे.

१७८१ मध्ये जोसेफ प्रिस्टले व हेन्री कॅव्हेन्डीश यांनी एका भांड्यात हायड्रोजन (inflammable air) जाळला असता त्यांना त्या भांड्यात काही थेंब जमल्याचे लक्षात आले. हे थेंब म्हणजे पाणी होते. दोन वर्षांनी लॅव्हॉयजियरने याचे स्पष्टीकरण दिले...

“पाणी हे ज्वालाग्राही हवा म्हणजेच inflammable air (याला त्याचा सहसंशोधक कॅव्हेन्डीशने हायड्रोजन नाव दिले.) आणि ऑक्सिजन यांचे संयुग आहे.”

सन १७८९ - पॅरीस
लॅव्हॉजियरने Traite elementaire de chimie हे
रसायनशास्त्राचे पुस्तक प्रकाशित केले. या पुस्तकाने
फ्लॉजिस्टॉन सिद्धान्त प्रयोगांद्वारे बुकीचा ठरवला आणि
ज्वलनासाठी नवीन आवश्यक असे आधुनिक स्पष्टीकरण ह्या
तक्त्यांमध्ये पुरवले. या पुस्तकात निसर्गातील सर्व प्रकारच्या
प्रकृतीच्या पदार्थांचे तक्ते होते. निसर्गातील विविध घटकांच्या मूलद्रव्यांचा
विचार केला होता. रासायनिक मूलद्रव्यांचा हा पहिला खराखुरा तक्ता
समजला जातो.



पुस्तकात किण्वन प्रक्रिया (Fermentation)
खालील प्रकारे दाखवली आहे.

द्राक्ष्यांचा मद्यार्क = कार्बोनिक ॲसिड + अल्कोहोल

हे आधुनिक रासायनिक समीकरणांचे पूर्वचिन्ह होते.

१७९४ च्या फ्रेंच क्रांतीदरम्यान पत्राशीत लॅव्हॉजियरचा शिरच्छेद
करण्यात आला.

सन १७९९ मध्ये माद्रीद येथे शिकवण्याचे काम
करणान्या फ्रेंच रसायनतज्ज्ञ

जोसेफ लुईस प्राऊस्टने

(सन १७५४ ते १८२६) स्थिर प्रमाणांचा नियम
प्रात्यक्षिकांसह दाखवून दिला.

त्याने असे दाखवून दिले, की कॉपर कार्बोनेटमध्ये
स्थित मूलद्रव्याच्या वजनाचे प्रमाण स्थिर असते. तो
कसा बनला? तो नैसर्गिकरित्या आढळतो वा तो
कृत्रीमरित्या तयार केला जातो याच्याशी त्याचा काही
एक संबंध नसतो.

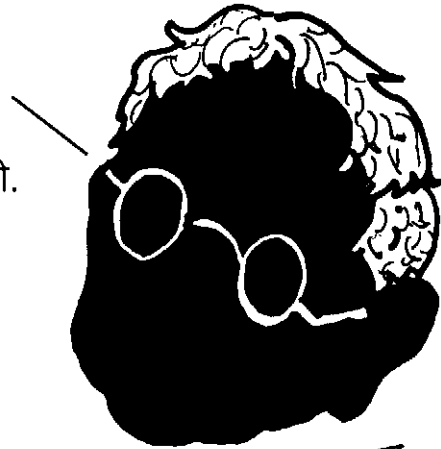


मॅचेस्टरमध्ये

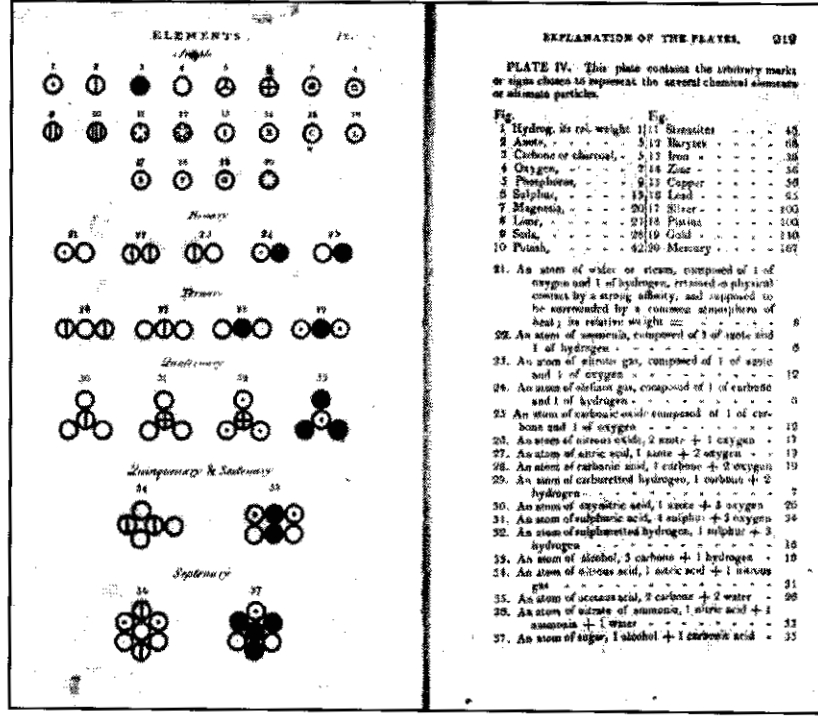
जॉन डाल्टन (१७६६ ते १८४४)

याने प्राऊस्टच्या निरीक्षणांचे स्पष्टीकरण देणारी, आज वापरात असलेली
अणुविषयक उपपत्ती विकसित केली आणि संयुगे (compounds) कशी तयार
होतात याचा पाया पुरवला.

“अणू म्हणजे वेगवेगळ्या पदार्थांचे वेगवेगळ्या
आकारांचे घट्ट गोळे असतात. दोन पदार्थांच्या
संयुगामध्ये दोन्ही घटकांचा एक-एक अणू असतो.
पाणी हे संयुग हायड्रोजनचा एक अणू व
ऑक्सिजनच्या एका अणूपासून बनलेले असते.
अमोनिया हा हायड्रोजनचा एक अणू आणि
नायट्रोजनचा एक अणू यापासून बनतो
...वगैरे वगैरे.



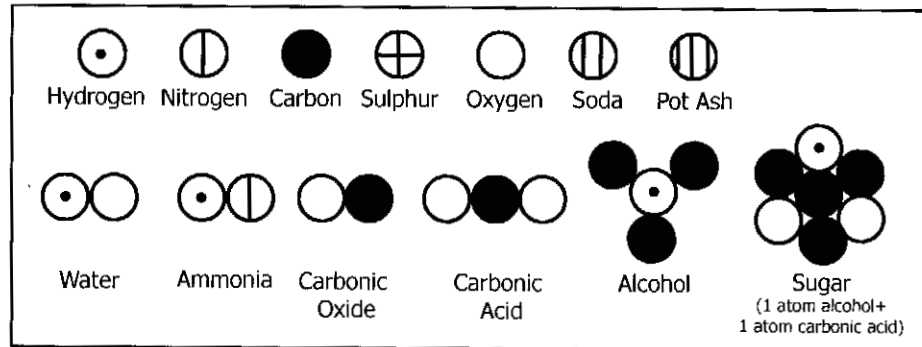
जॉन डाल्टन



डाल्टनच्या A new System of chemical philosophy या पुस्तकातील पाने

या गृहीतकांवर आधारित संयुगांच्या रासायनिक विश्लेषणानंतर डाल्टनने अणूंचा सापेक्ष भार (relative weight) मिळविला. त्याने मिळवलेल्या पाण्याच्या विश्लेषणाने असे दाखवून दिले, की त्यात $8\frac{1}{8}$ भाग ऑक्सिजन आणि $1\frac{1}{8}$ भाग हायड्रोजन असतो. हायड्रोजनचा सापेक्ष भार एकत्रित धरल्यास ऑक्सिजनचा सापेक्ष भार ८ येतो. अशाच प्रकारे डाल्टनने इतर अणूंचा सापेक्ष भार शोधून काढला आणि अणूभाराचा पहिला तक्ता तयार केला.

डाल्टनने त्याचा सिद्धान्त व्यक्त करण्यासाठी काही चिन्हांचा वापर केला. त्याचा सिद्धान्त स्वीकारला जाण्यासाठी या चिन्हांकित चित्रांची मदत झाली.

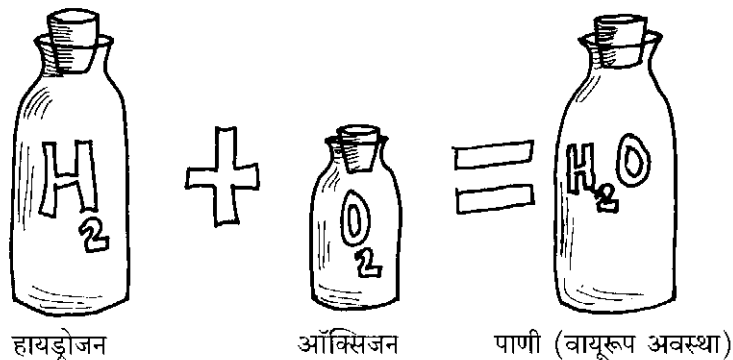


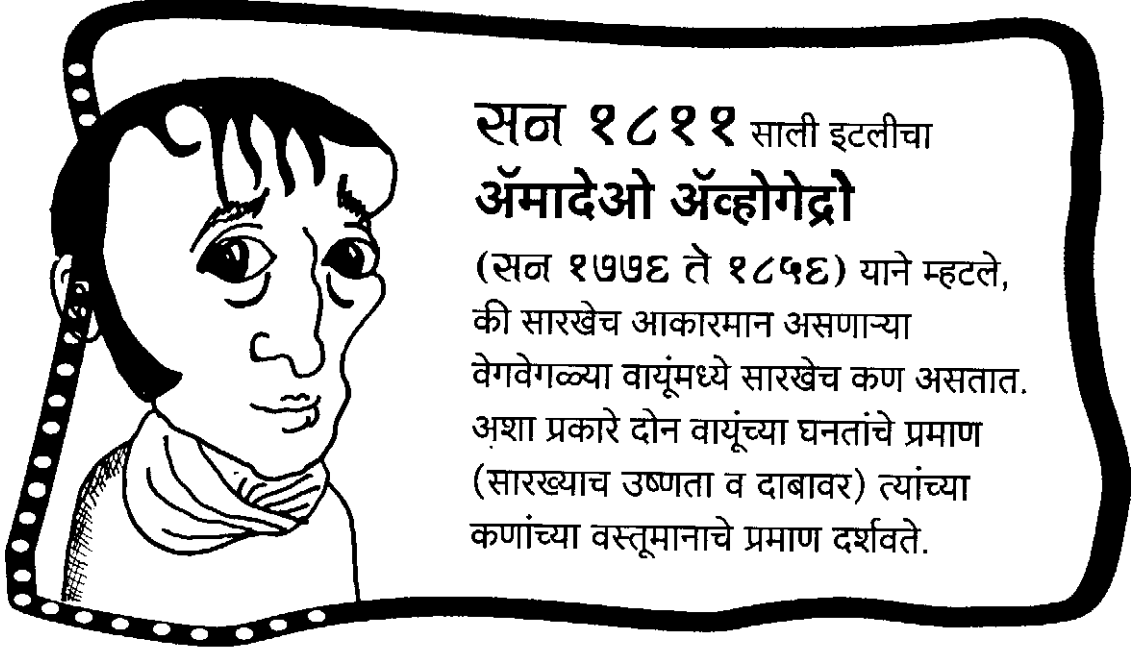


जोन्स जॅकब बर्झेलिअस (सन १७७९ ते १८४८) या स्वीडीश रसायनतज्ज्ञाने, संयुगामध्ये एका मूलद्रव्याचा अणू दुसऱ्या मूलद्रव्याच्या अनेक अणूंसोबत एकत्र येतो आणि ते दोन अणू इतर अनेक अणूंसोबत एकत्रित येतात, हे शोधून काढले.

सन १८०९ मध्ये **जोसेफ लुईस गे ल्युसॅक**

(सन १७७८ ते १८५०) या फ्रेंच रसायनतज्ज्ञाने, क्रियाशील वायूंच्या आकारमानाचे प्रमाण हे खूप कमी असते. हायड्रोजन आणि ऑक्सिजन हे २:१ प्रमाणात एकत्रित येऊन पाणी तयार होते. नायट्रोजनचा १ अणू आणि हायड्रोजनचे ३ अणू मिळून अमोनिया तयार होतो, असे विधान केले.



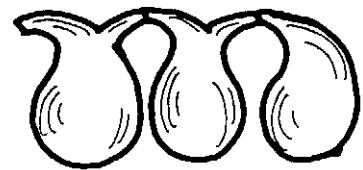


सन १८११ साली इटलीचा अँमादेओ अँव्होगेद्रो

(सन १७७६ ते १८५६) याने म्हटले,
की सारखेच आकारमान असणाऱ्या
वेगवेगळ्या वायूंमध्ये सारखेच कण असतात.
अशा प्रकारे दोन वायूंच्या घनतांचे प्रमाण
(सारख्याच उष्णता व दाबावर) त्यांच्या
कणांच्या वस्तूमानाचे प्रमाण दर्शवते.

अँव्होगेद्रोने असे गृहीत धरले, की साध्या वायूंचे अणू एकत्रित येऊन
रेणू (उदा. O_2 , H_2) तयार करतात आणि हेच रेणू दुसऱ्या वायूंबरोबर
अभिक्रिया करून नवे रेणू तयार करतात. “पाण्याचा रेणू हा
ऑक्सिजनचा अर्धा रेणू व हायड्रोजनचा एक रेणू यापासून तयार
होतो.”

दोन सारखेच अणू एकत्र येतात हे पचवणे शास्त्रज्ञांसाठी कठीण होतं.
त्यामुळेच अँव्होगेद्रोच्या गृहीतकांना हवी तेवढी पुष्टी मिळाली नाही.
त्यामुळे अखेरीस हे सत्य स्वीकारले जाण्यापूर्वीच्या जवळपास
अर्धशतकापूर्वीची स्थिती गोंधळाची होती.



सन १८१४ मध्ये बर्झेलिअसने अणुभाराचा तक्ता तयार केला. हा तक्ता आज वापरात असलेल्या तक्त्याच्या बराचसा जवळपास होता. रासायनिक समीकरणांच्या स्पष्टीकरणार्थ सांख्यिकी गणिती पद्धत वापरली जाऊ शकते; या वास्तवामुळे आणि प्रत्येक मूलद्रव्याला असणाऱ्या विशिष्ट मूलभूत वैशिष्ट्यांमुळे पुढे रसायनशास्त्र रचनाबद्ध होत गेले.

बर्झेलिअसने संयुगांची ओळख करून देणारी सोयीस्कर लघुलिपी म्हणजेच, **आधुनिक रसायनशास्त्रीय चिन्हे** (modern chemical symbol) वापरात आणल्यानंतर रसायनशास्त्र अधिकच रचनाबद्ध आणि स्पष्ट झाले. त्याने मूलद्रव्याच्या लॅटीन नावाचे सुरुवातीचे अक्षर चिन्ह म्हणून वापरले. जेव्हा एखाद्या मूलद्रव्याच्या नावाची सुरुवात सारख्याच अक्षराने व्हायला लागली तेव्हा पुढील मित्रत्वदर्शक अक्षरांचा समावेश करण्यात आला. ही चिन्हे मूलद्रव्याच्या एक अणू किंवा एका **अणूचा अणुभार** दर्शवतात.

मूलद्रव्य	लॅटीन नाव	चिन्ह
सल्फर	सल्फर	S
सिलिकॉन	सिलिसीअम	Si
ॲंटीमनी	स्टीबीयम	St *
टीन	स्टॅनम	Sn

* बर्झेलिअसच्या चिन्हांमध्ये काही बदल करण्यात आले. जसे ॲंटीमनीच्या बाबतीत त्याचे चिन्ह Sb दर्शवण्यात येते.

रासायनिक प्रक्रियेतून विद्युत्शक्ती मिळवण्याच्या शोधामुळे त्यावेळच्या शास्त्रीय शोधांना एक नवीनच दिशा मिळाली.

त्यावेळेचा विद्युत्निर्मितीचा ठाऊक असणारा एकमेव मार्ग म्हणजे काही ठरावीक वस्तू एकमेकींवर घासणे हाच होता. रासायनिक विद्युत्निर्मितीचा शोध अपघातानेच लागला.

सन १७८६ लुइगी गॅल्वानी

(सन १७३७ ते १७९८)

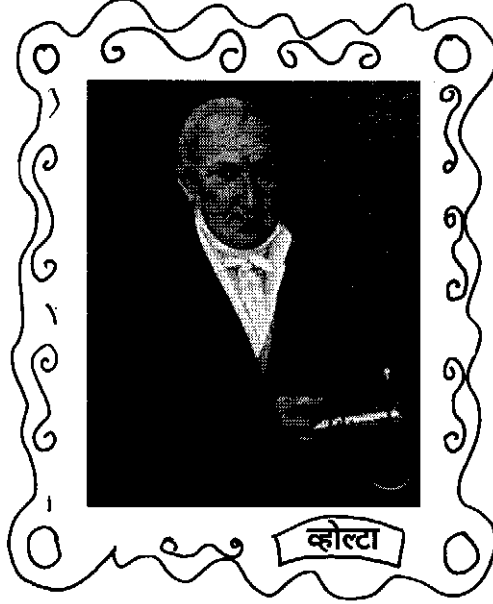
लुइगी गॅल्वानी हा बोलोन्या विद्यापीठात शरीरशास्त्राचा प्राध्यापक होता. एकदा त्याने बेडकाचे शवविच्छेदन केले. त्याला चुकून तांब्याच्या तारेचा स्पर्श झाला. यामुळे त्या मेलेल्या बेडकाचा पाय झटकल्यासारखा हलला. गॅल्वानीने या विलक्षण घटनेचे स्पष्टीकरण शोधायचा प्रयत्न केला. जीवशास्त्रज्ञ असल्यामुळे त्याने त्याचे लक्ष स्नायूंवर केंद्रित केले. त्याला असे वाटले, की स्नायूंमध्ये विद्युत्निर्मिती झाल्यामुळे पाय हलला असावा.



लुइगी गॅल्वानी



“मला आठवतंय,
की झल (eel)
नावाच्या माशापासून
मला विजेचा झटका
बसला होता. म्हणजेच
प्राणी विजेची निर्मिती
करू शकतात.”



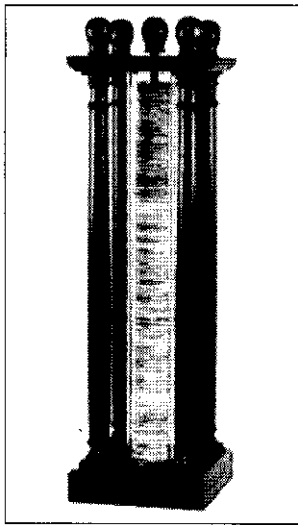
फेलो कंट्रीमॅन

अलेस्सांड्रो व्होल्टा

(सन १७४५ ते १८२७) विचार

“आर्द्र हवामानात
वेगवेगळे धातू एकमेकांच्या
सान्निध्यात आल्याने विजेची
निर्मिती होत असावी आणि स्नायू
हे निव्वळ त्याचे निदर्शक
असतील,” असा विचार
व्होल्टाच्या मनात आला.

व्होल्टाने एक प्रयोग केला. यात त्याने चांदी व जस्ताचे पत्र्यांमध्ये मिठाच्या पाण्यात बुडवलेला कपडा ठेवला. त्यामुळे विजेची निर्मिती झाली आहे, असे त्याच्या लक्षात आले. असे अनेक पत्रे एकाआड ठेवले तर त्यातून अधिक वीजनिर्मिती होते, असे त्याच्या लक्षात आले.



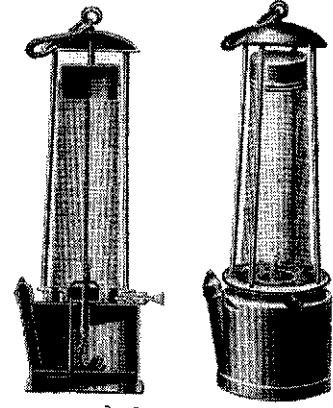
व्होल्टेईक पाईल

व्होल्टाईक पाईल

ही पहिली खरीखुरी बॅटरी होती.
या बॅटरीतून अखंड विद्युत्प्रवाह येत होता. पत्र्यांचा आकार आणि संख्या वाढवून याचा परिणाम वाढवता येऊ शकत होता. रसायनतज्ज्ञांनी हे नवे उपकरण रासायनिक अभिक्रिया तयार करण्यासाठी वापरायला लगेचच सुरुवात केली.

लंडनच्या रॉयल इन्स्टिट्यूटमधील रसायनशास्त्राचे प्राध्यापक **हम्फ्री डेव्ही** (सन १७७८ ते १८१९) यांनी धातूंच्या २५० पत्र्यांची बॅटरी बनवली. १८०७ मध्ये बॅटरीमधील विजेचा वापर करून अशुद्ध क्षारांचे विद्युत अपघटन करून पोटॅशियम व सोडियमसारख्या उच्च क्रियाशील धातूंचा अर्क काढण्यात त्यांनी यश मिळवले.

डेव्हीने रसायनशास्त्रासाठी इतरही बरेच महत्वाचे योगदान दिले. खाणीमधल्या हवेत मिथेन वायू असतो. अशा वातावरणाचा शोध लावून धोका टाळण्यासाठी त्याने एक कंदील बनवला. त्याला डेव्हीचा सुरक्षादीप असं म्हणतात. (मिथेन हा अति ज्वलनशील वायू आहे.)



डेव्हीचा सुरक्षादीप

डेव्हीने रॉयल इन्स्टिट्यूटमध्ये असताना मायकल फॅरॅडे (सन १७९१ ते १८६७) याला आपला सहाय्यक म्हणून निवडले.

डेव्हीसाहेब,
आपला सर्वात महत्वाचा
शोध कोणता?



माझा सर्वात
महत्वाचा
शोध आहे
**मायकेल
फॅरॅडे!**

डेव्ही व पत्रकार यांच्यातील प्रसिद्ध संभाषण

मायकेल फॅरॅडेचे वडील लोहार होते. ते त्याला सर्वसाधारण शिक्षणही देऊ शकत नव्हते. फॅरॅडेने एका बुक बाईंडरकडे काम केले. या नोकरीने त्याला दोन गोष्टी दिल्या - एक म्हणजे वाचण्यासाठी भरपूर वैविध्यपूर्ण पुस्तके आणि दुसरे साधने कौशल्याने व अचूकपणे वापरायचे प्रशिक्षण. विज्ञानात असणाऱ्या गाढ रुचीने त्याला डेव्हीच्या संपर्कात नेले. ह्या संधीचा फायदा घेऊन तो पुढे शास्त्रज्ञ म्हणून उदयास आला.



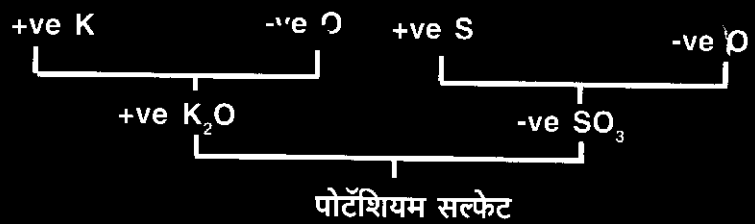
१८३३



विद्युत अपघटनात
पदार्थाच्या विघटनाचे प्रमाण
विद्युत्शक्ती (current strenght)
आणि वेळ यांच्या प्रमाणात असते.
विघटन झालेल्या पदार्थाचे वस्तुमान
पदार्थाच्या सममूल्यभाराच्या
(equivalent weight)
सम प्रमाणात असते.

जरी विद्युत अपघटनामुळे रासायनिक संयुगांचे विभाजन होत असले तरी पूर्वी रसायनतज्ज्ञ असे मानायचे, की वीज ही रासायनिक आसक्तीशी संबंधित आहे. बर्झेलीअस असे गृहीत धरायचा, की प्रत्येक अणूला अतिरिक्त धन किंवा ऋणप्रभार असतो. संयुग तयार झाल्यावर ते प्रभार उदासिन होतात; परंतु तयार होणारे संयुग उदासिन असेलच असे नाही, कारण एकत्र येणाऱ्या दोन अणूंवरील प्रभार असमान असतात आणि ते अगदी पूर्णपणे एकमेकांना उदासिन करू शकत नाहीत.

उदाहरणार्थ, ऑक्सिजनच्या संबंधात धनभारीत असणाऱ्या सल्फरचा ऑक्सिजनशी संयोग होऊन सल्फर ट्राय ऑक्साईड हे द्विसंयुज (binary compound) तयार होते, ज्यात ऋण प्रभाराची संख्या जास्त असल्यामुळे संयुगात विद्युतऋणता तशीच राहते. अशाच प्रकारे पोटॅशियम व ऑक्सिजन एकत्र येऊन पोटॅशियम ऑक्साईड तयार होते. जे धनभारीत असते. त्यामुळेच सल्फर व पोटॅशियमचे ऑक्साईड एकत्र येऊन पोटॅशियम सल्फेटचे क्षार तयार होऊ शकतात.



अशा प्रकारे विद्युत अपघटनाच्या वस्तुस्थितीशी हा सिद्धान्त जुळत होता आणि क्षाराला एकत्र धरून ठेवणाऱ्या आसक्तीच्या शक्तीचे (force of affinity) स्पष्टीकरण देत होता. तरीही हे स्पष्टीकरण काही प्रायोगिक तथ्यांच्या विरुद्ध जात होते. उदा. SO_3 व K_2O ही संयुगे विद्युत प्रभारित नाहीत. यात आणखीही काही उणिवा होत्या. जसे अॅव्होगेद्रोच्या सिद्धान्तानुसार दोन सम प्रभार असलेले हायड्रोजन, ऑक्सिजन किंवा नायट्रोजनचे अणू एकमेकांबरोबर एकत्र येतात हे स्वीकारणे अशक्य होते. कार्बनी रसायनशास्त्राच्या विकसित होण्याबरोबर ही अडचण आणखी स्पष्ट होऊ लागली आणि हाच घटक या सिद्धान्ताच्या लोप पावण्यात महत्वाचा ठरला.

हा सिद्धान्त वापरला जाण्याएवढा योग्य नसला, तरी याने आम्ल, अल्क व क्षारांच्या परस्पर अन्योन्यक्रियांचे स्पष्टीकरण दिले आणि आजही आपल्या आयनिक संयुगांच्या प्रवृत्तींचे स्पष्टीकरण देण्यासाठी तो आवश्यक आहे.

याच काळात प्रथमच रसायनशास्त्राची पूर्णतः वेगळे कार्यक्षेत्र म्हणून ओळख निर्माण झाली होती. विद्यापीठांमध्ये रसायनशास्त्राचे प्राध्यापक सर्वत्र आढळू लागले होते. यापूर्वी रसायनाचे संशोधन करणाऱ्या रसायनतज्ज्ञांना फार्मासिस्ट किंवा फिजीशियन म्हणून प्रशिक्षित केले जात होते.



आजी, हे आमचे रसायनशास्त्राचे नवे प्राध्यापक आहेत.

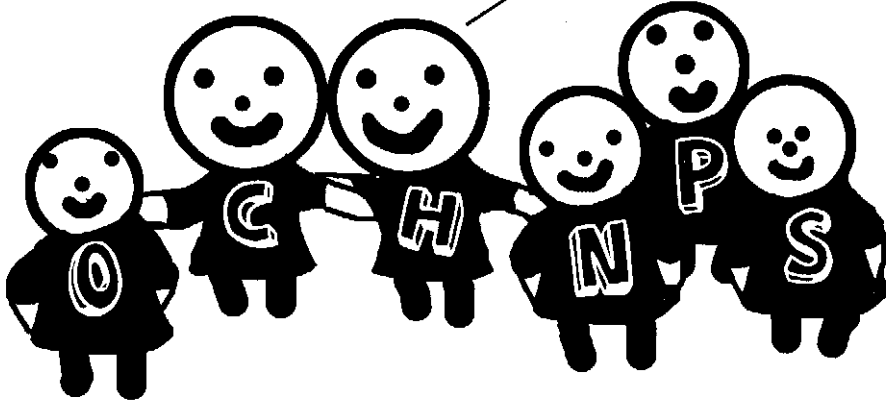
अरे बायरे! आमच्या काळात विद्यापीठात अशा प्रकारच्या गोष्टी कधीच शिकवल्या जात नव्हत्या!

आंतरराष्ट्रीय स्तरावरील ओळख आणि कल्पनांच्या मुक्त देवाण-घेवाणीमुळे विज्ञानाच्या वाढीस महत्त्वाची मदत झाली. याचे मोठे उदाहरण म्हणजे, १८१३ मध्ये डेव्हीने फ्रान्सला भेट दिली आणि तेथील प्रयोगशाळांमधून फ्रेंच रसायनतज्ज्ञांचा पाहुणा म्हणून तो फिरला. विशेष म्हणजे, इंग्लंड व फ्रान्स तेव्हा एकमेकांशी युद्ध करत होते.

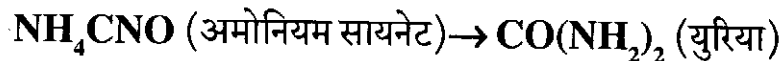


आता आपण **सॅद्रिय कार्बनी रसायनशास्त्राच्या** (Organic Chemistry) प्रगतीकडे वळूया.

तयस्कार. आम्ही **कार्बनी कुटुंबाचे** घटक आहोत. कार्बनी रसायनशास्त्राचे हॅलोजन कुटुंबासाठी विशेष योगदान दिले आहे.



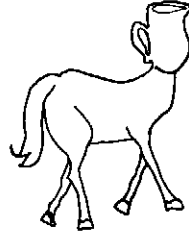
सजीवांच्या, कार्बनी संयुगांच्या उत्पादनाचे नियंत्रण विशिष्ट 'जीवतत्त्वा'द्वारे केले जाते, ज्यामुळे कार्बनी संयुगांना खास गुणधर्म मिळतात, असे पूर्वी मानले जात असे. बर्झेलियस व इतर अनेक शास्त्रज्ञांच्या या दृष्टिकोनाला १८२८ मध्ये जर्मन रसायनतज्ज्ञ फ्रेडरीक वोहलर (सन १८०० ते १८८२) याने प्राण्यांच्या शरीरात असणारे युरिया तयार करून आव्हान दिले. अकार्बनी क्षार, अमोनियम सायनेटच्या जलीय द्रावणाचे बाष्पीभवन करून त्याने युरिया तयार केला.



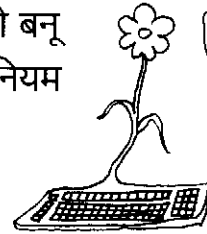


अमोनिया बनविला
तोही किडनीशिवाय.
आश्चर्यच!

वोहलरच्या संशोधनाने 'जीवतत्त्वाचा' (Vital Force) सिद्धान्त चुकीचा आहे हे सिद्ध झाले. बर्झेलिअसला लिहिलेल्या पत्रात वोहलरने लिहिले आहे -
"मला तुला असे सांगायचे आहे, की प्राण्यांच्या म्हणजेच मनुष्य किंवा कुत्र्याच्या किडनीशिवाय मी युरिया बनवू शकतो."



ही एक खूप मोठी पायरी होती. जसजशी आणखी संयुगे बनू लागली, तसतसे जे नियम निर्जीव वस्तूंना लागू होतात, तेच नियम कार्बनी रसायनशास्त्रास व जैविक प्रक्रियांनाही लागू होतात, हे कळून आले.



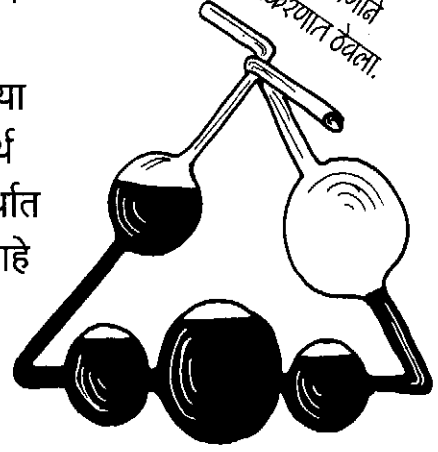
कोळसा व पेट्रोलियम पदार्थ यासारख्या निर्जीव पदार्थांपासून कार्बनी संयुगे बनविण्याने जोर धरला. यामुळेच साधारण अठराव्या शतकाच्या उत्तरार्धात औद्योगिक कार्बनी रसायनशास्त्र भरभराटीस आले.

जस्टस लिबीग

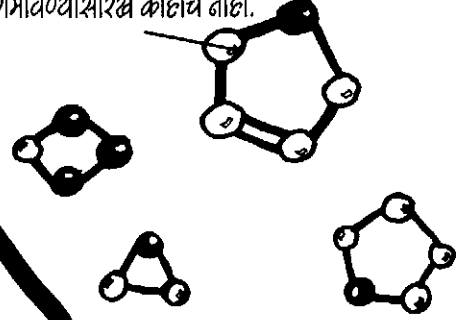
(सन १८०३ ते १८७३)

याने विश्लेषणात्मक (analytical) कार्बनी रसायनशास्त्रात फार मोठे योगदान दिले. रेणूमधील प्रत्येक प्रकारच्या अणूंची संख्या जाणून घेण्याची पद्धत त्याने विकसित केली. तो कार्बनी पदार्थांचे वजन करून ते जाळायचा आणि तयार झालेले वायू (मुख्यत्वे कार्बन डायऑक्साईड आणि पाणी) योग्य रसायनांमध्ये अडकवून ठेवायचा. रसायनांमध्ये झालेल्या वजनाच्या वाढीने तो, त्यामध्ये किती वजनाचा उत्पादित पदार्थ अडकला आहे, हे तपासून त्यापासून मूळच्या पदार्थात कार्बन, हायड्रोजन व ऑक्सिजनचे किती प्रमाण आहे हे निश्चित करू शकायचा.

लिबीग बराच काळ कार्बन
त्रयऑक्साईडच्या मागे लागला.
शेवटी त्याने कार्बन
त्रयऑक्साईड शोधलाच आणि
कार्बोटीक पदार्थांच्या वावणाने
भरलेल्या वा उपकरणात ठेवला.



जगातल्या सर्व मूलकणांतो एकत्र
या! आपल्याकडे आपले बंध सोडले
तर गमावण्यासारखे काहीच नाही.



ते मूलकण नेहमी गटात घडतात!
त्यांना म्हणे जग बदलायचंय!

क्रियात्मक गटाची (functional group)
संकल्पना म्हणजे एकत्रित अणूंची
अभिक्रिया. ही मूळ कल्पना कार्बनी
रसायनशास्त्र समजण्यासाठी विकसित
झाली. त्यावेळेस हे गट 'मूलकण'
(radicals) म्हणून ओळखले जायचे.
मूलकण त्यांचे काही गुणधर्म संयुगांना
देतात हे रसायनतज्ज्ञांनी शोधून काढले.
संयुगांचे वर्गीकरण हायड्रोकार्बन किंवा
मूलभूत मूलकण, आम्ल, अल्कोहोल असे
करण्यात आले.

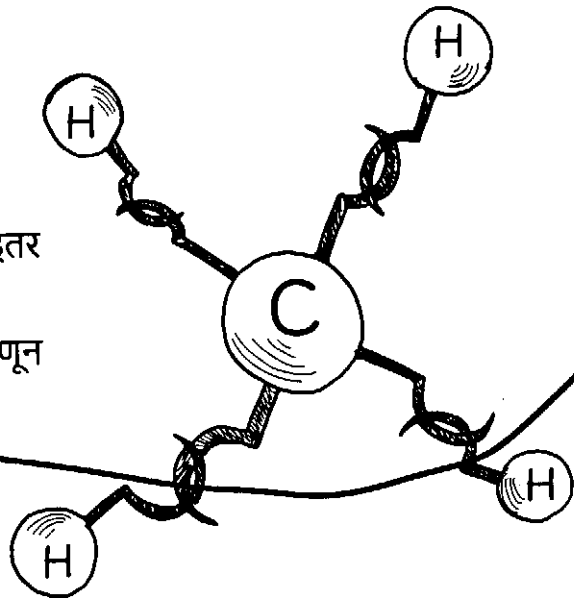
सन १८३७ - मूलकण हे कार्बनी रसायनशास्त्राची मूलद्रव्ये आहेत, असे **जे.बी.ए. ड्यूमास** (सन १८०० ते १८८४) आणि जस्टीस लिबीगने म्हटले. खनिज रसायनशास्त्रात मूलकांचे स्वरूप साधे असले तरी कार्बनी रसायनशास्त्रात मूलकण हे संयुक्त असतात. हाच यांच्यातील फरक आहे. अन्यथा त्यांच्यातील एकत्रीकरणाचे आणि अभिक्रियांचे नियम सारखेच असतात.

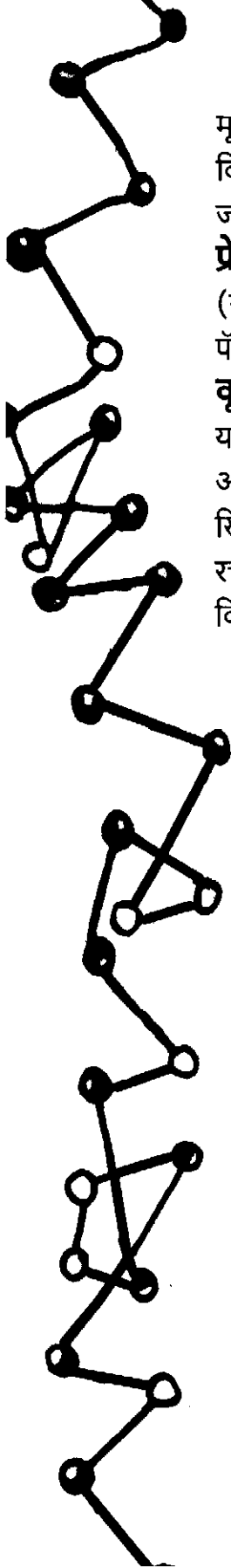
१८५० मध्ये **रेण्वीय संरचनेच्या** (molecular structure) कल्पनेला विकसित करण्यासाठी बरेच रसायनतज्ज्ञ काम करत होते.

सन १८५२ - नायट्रोजन, फॉस्फरस आणि अर्सेनिक या मूलद्रव्यांचे अणू नेहमी तीन किंवा पाच कार्बनी मूलकांबरोबर संयोग पावतात, असे **एडवर्ड फ्रँकलँड** (सन १८२५ ते १८९९) याने शोधून काढले. झिंक, मर्क्युरी आणि ऑक्सिजन यांचे अणू दोन मूलकणांबरोबर एकत्र येतात.

फ्रँकलँडने म्हटले, आकर्षित होणाऱ्या मूलद्रव्यांचे एकत्रित होण्याचे बल *(Combining Power) हे नेहमी तेवढ्याच संख्येच्या एकत्रित होणाऱ्या अणूंपेवढे असते. मग त्या अणूंची लक्षणे काही असोत. हे म्हणजे जणू प्रत्येक अणूला विशिष्ट संख्येचे हूक असतात जे इतर अणूंना किंवा मूलकांना चिकटतात.

*Combining Power चा अर्थ इतर शास्त्रज्ञांनी विविध प्रकारे अणूता किंवा आसक्ती किंवा संयुजा म्हणून वापरला आहे.



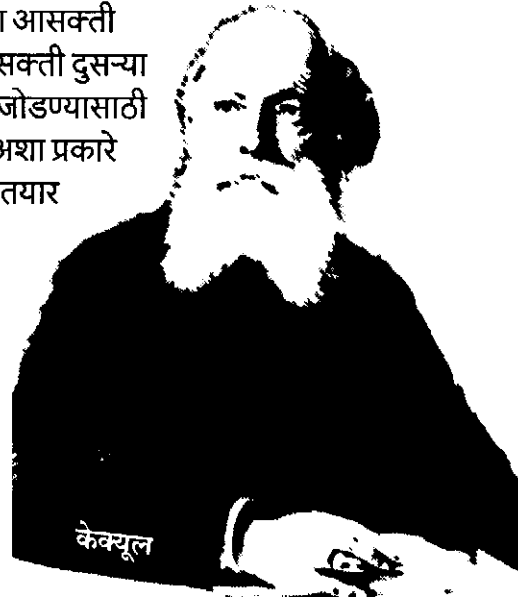


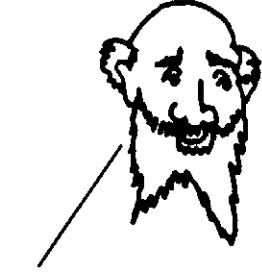
मूलकांची अंतर्गत रचना आता विचारात घेण्यात येऊ लागली होती. जवळपास एकाच वेळी जर्मनीमधील **फ्रेडरिक ऑगस्ट केकुले** (सन १८२९ ते १८९६) आणि पॅरीसमधील **आर्किबाल्ड स्कॉट कूपर** (सन १८३१ ते १८९२) यांनी स्वतंत्रपणे हा प्रश्न सोडवला आणि कार्बनी रसायनशास्त्राच्या सिद्धान्तातील गुरुकिल्ली म्हणजेच रचनासूत्र (structural formulae) विकसित केले.



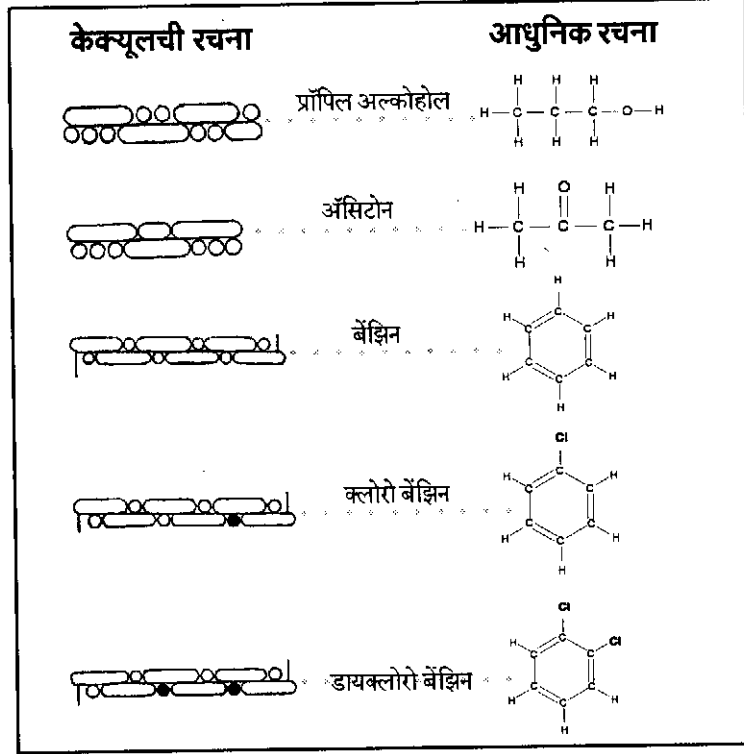
सन १८५८ -

कार्बन हा चार अणूंचा बनलेला (tetraatomic) असतो; म्हणजेच याला चार आसक्ती एकक आहेत. यामुळे तो हायड्रोजनसारख्या एकआण्विक मूलद्रव्याबरोबर किंवा ऑक्सिजनसारख्या द्वीआण्विक मूलद्रव्याबरोबर एकत्र येऊ शकतो. कार्बन त्याच्या आसक्ती एककांमधील एक आसक्ती दुसऱ्या कार्बनच्या अणूसोबत जोडण्यासाठी वापरू शकतो आणि अशा प्रकारे कार्बन अणूंची शृंखला तयार होऊ शकते.





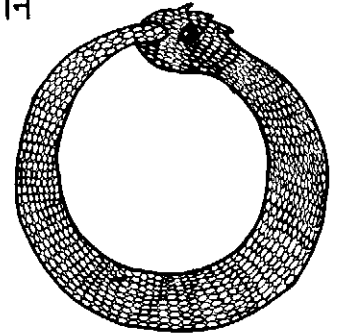
कार्बनी संयुगे
आकृतीद्वारे
दाखवता येतात.



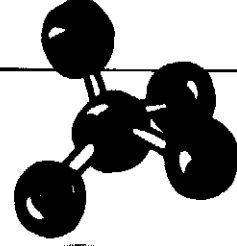
केकुलेचा आकृतिबंध वास्तविक संरचना डोळ्यांपुढे उभी करण्याएवढा सोयीस्कर नव्हता. कूपरने केकुलेसारखाच सिद्धान्त विकसित केला; मात्र त्याने अणूंमधील बंध रेषेने दाखवून आधुनिक रचनासूत्र (Structural formula) मांडले.

त्यामुळे बऱ्याच संयुगांच्या रचना समजू शकल्या. मात्र, बेंझिनसारख्या अॅरोमॅटीक संयुगांची रचना गूढच राहिली.

१८६५ - केकुले याबाबत खूप विचार करत होता. एकदा त्याने स्वप्नात, सापाने स्वतःचेच शेपूट तोंडात धरून गोल वेटोळे घातल्याचे पाहिले. या स्वप्नप्रतिमेपासून स्फूर्ती घेऊन त्याने वक्र, एकत्रित व गोलाकार अशा कार्बन साखळीचे दृश्य डोळ्यांसमोर आणले. या साखळीच्या दृश्यापासूनच त्याने बेंझिनच्या संरचनेचे अनुमान काढले. कार्बनी संयुगातील कार्बनच्या संरचनेची कल्पना करण्याच्या विलक्षण कौशल्याची मुळे त्याने पूर्वी घेतलेल्या वास्तुशास्त्राच्या प्रशिक्षणात होती.



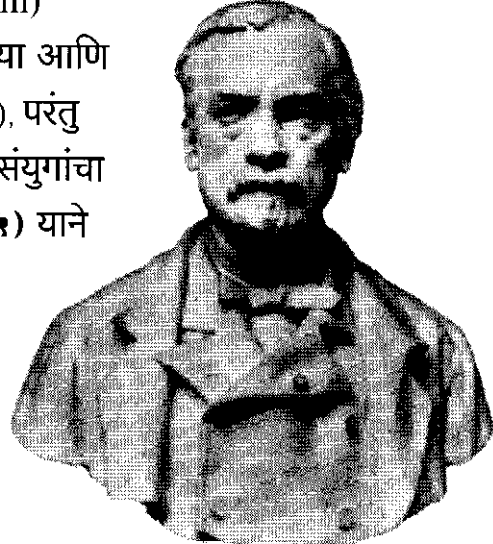
जॅकोबस हेन्रीकस व्हॉन्ट हॉफ (सन १८५२ ते १९११) आणि **जे.ए. ले बेल** (सन १८४७ ते १९३०) यांनी कार्बनच्या संयुगाची संरचना आणखी वाढवली. यांनी कार्बनच्या संयुजबंधाची द्विमितीयच नव्हे, तर त्रिमितीय आकृतीही एकसमानपणे दाखवली. अशा प्रकारे कार्बनचा अणू एका चतुष्फलकाच्या (Tetrahedron) केंद्रस्थानी आणि त्याच्या संयुजा ह्या चतुष्फलकाच्या चार शिरोबिंदूंपाशी असतात, हे त्यांनी दाखवले.



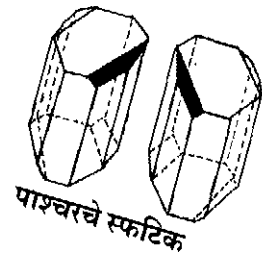
इथून त्रिमित समघटनेचे (Stereo isomerism) स्पष्टीकरण, म्हणजेच सारखेच अणू असलेल्या आणि अणूंनी जोडलेल्या (atomic connectivity), परंतु अणूंच्या दिशास्थितीमध्ये फरक असलेल्या संयुगांचा **लुईस पाश्चर** (सन १८२२ ते १८९५) याने १८४८ मध्ये अभ्यास केला. पाश्चरच्या लक्षात आले, की घनरूप सोडियम

अमोनियम टारट्रेट हे दोन प्रकारच्या स्फटिकांचे मिश्रण असते. हे मिश्रण त्याने छोट्या चिमट्याच्या साहाय्याने वेगळे केले.

जेव्हा त्याने ध्रुवीकृत प्रकाश (plane polarised light) या दोन प्रकारच्या स्फटिकांच्या वेगळ्या केलेल्या द्रावणांमधून सोडला, तेव्हा दोन्ही द्रावणांमधून प्रकाशाच्या प्रतलांनी विरुद्ध दिशेन मार्गक्रमणा केली.



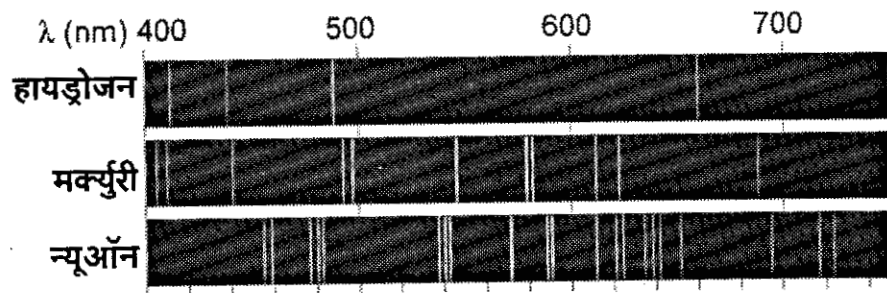
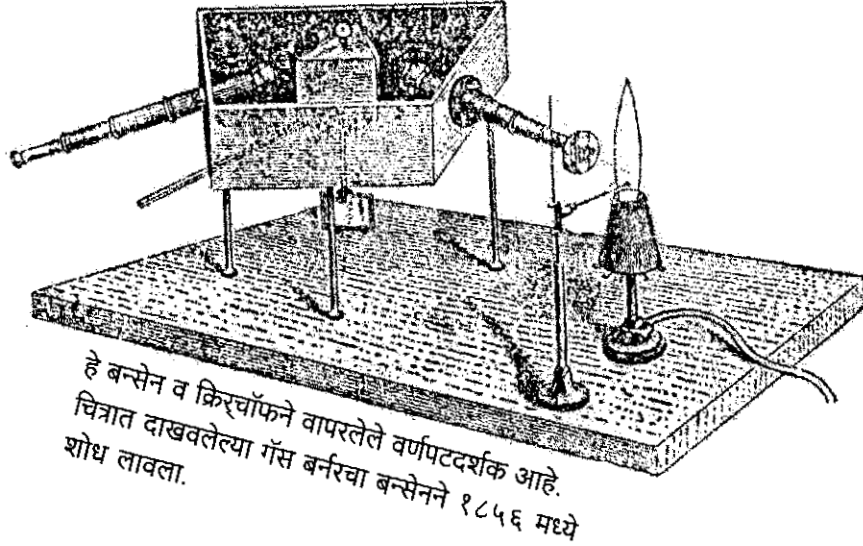
लुईस पाश्चर



पाश्चरचे स्फटिक

एकोणिसाव्या शतकात भरपूर नवीन मूलद्रव्यांचे शोध लागले. हे वर्णपटदर्शकाच्या (Spectroscopic) पृथःकरणाच्या प्रवेशामुळे सुलभ झाले.

सोडियम व पोटॅशियमचे क्षार ज्योतीमध्ये विशिष्ट रंग निर्माण करतात, असे शास्त्रज्ञांना लक्षात आले. **रॉबर्ट बन्सेन** (सन १८११ ते १८९९) आणि **गुस्ताव रॉबर्ट किरचॉफ** (सन १८२४ ते १८८७) यांनी १८५९ मध्ये 'वर्णपटदर्शक' (Spectroscope) हे नवे उपकरण मूलद्रव्यांच्या ज्योतीपासून उत्सर्जित होणाऱ्या किरणांचा अभ्यास करण्यासाठी तयार केले. त्यांनी वर्णपटदर्शकाने उत्सर्जित किरणांच्या वेगवेगळ्या कंपनसंख्या (frequency) मोजल्या.



काही मूलद्रव्यांचा आण्विक उत्सर्जन वर्णपट (Atomic Emission Spectra) दिला आहे. प्रत्येक मूलद्रव्याला वर्णपटातील रेषा वेगवेगळ्या दिसतात.

प्रत्येक मूलद्रव्य वर्णपटातून
विशिष्ट वारंवारतेच्या
(frequency) रेषा किंवा
किरण (light) उत्सर्जित
करतात. इतर मूलद्रव्यांच्या
उपस्थितीमुळे त्यांच्यावर
परिणाम होत नाही.



बन्सेन

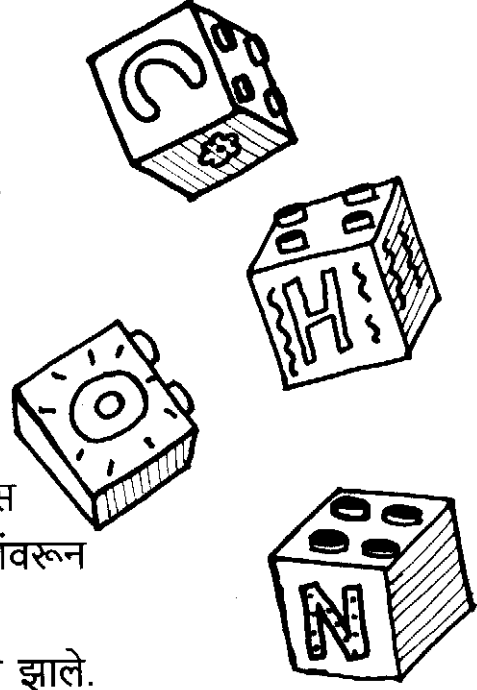


किर्चॉफ

मूलद्रव्याचा अतिसूक्ष्म
कणही त्यांचा विशिष्ट
वर्णपट किंवा मागोवा
घेण्यासाठी पुरेसा असतो.
जर वर्णपटात आपण पूर्वी
न पाहिलेल्या रेषा असतील
तर ते एखादे नवीन
मूलद्रव्यच असणार.

वर्णपटदर्शकावरून पृथःकरण (Spectroscopic Analysis) हे
अत्यंत संवेदनाक्षम तंत्र आहे आणि यामुळे बऱ्याच मूलद्रव्यांचा शोध
लागला. त्यात १८६० मधील सेशियम (लॅटीनमध्ये सिझीअस म्हणजे
फिक्कट निळा.) आणि १८६१ मधील रूबिडीयमच्या शोधाचा
समावेश आहे. ही नावे त्यांच्या वर्णपटातील सुंदर अशा अनुक्रमे
निळ्या व लाल रेषांमुळे दिली गेली.

जसजशी अधिक मूलद्रव्ये माहीत होऊ
लागली तसतशी त्यांच्या मूलभूत
गुणधर्माची माहिती होऊ लागली.
मूलद्रव्यांच्या गटांची रचना, त्यांच्यातील
समान गुणधर्म आणि गटांतील
मूलद्रव्यांच्या अभिक्रिया याच्या
आधारावर होऊ शकत होती.
हॅलोजन आणि अल्कधर्मी धातू हे
साधर्म्य स्पष्टपणे दाखवतात. त्याच वेळेस
बर्झेलीअसने निश्चित केलेल्या अणुभारांवरून
(atomic weights) मूलद्रव्यांचे अंकीय
वर्गीकरणही थोड्याफार प्रमाणात शक्य झाले.



सन १८६९ मध्ये जर्मनीच्या लोथर मेयर (१८३०-१९३५) आणि
रशियाच्या दिमित्री इवानोवीच मेंडेलीफ (१८३४-१९०७) यांना एकाच वेळी...



मेयर

“आपण अणुभाराच्या (atomic weight) चढत्या क्रमानुसार मूलद्रव्यांची मांडणी केल्यास नियमित अवधीनंतर त्यांच्या भौतिक व रासायनिक गुणधर्मांची पुनरावृत्ती होते,” असे आढळून आले.



मेंडेलीफ



			Ti = 50	Zr = 90	? = 180
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4
			Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198
		Ni =	Co = 59	Pd = 106,6	Os = 199
			Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200
			Zn = 65,2	Cd = 112	
			? = 68	Ur = 116	Au = 197?
			? = 70	Sn = 118	
			As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
			Se = 79,4	Te = 128?	
			Br = 80	J = 127	
			Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204
			Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207
			? = 92		
		?Er =	Ce = 94		
		?Yt =	Di = 95		
		?In =	Th = 118?		
H = 1	Be = 9,4	Mg = 24			
	B = 11	Al = 27,4			
	C = 12	Si = 28			
	N = 14	P = 31			
	O = 16	S = 32			
	F = 19	Cl = 35,5			
Li = 7	Na = 23	K = 39			
		Ca = 40			
		? = 45			
		?Er = 56			
		?Yt = 60			
		?In = 75,6			

गॅलियम, जॅर्मेनियम व स्कॅन्डियम ही मूलद्रव्ये त्यावेळेस ठाऊक नसतानाही मेंडेलीफने त्याच्या तक्त्यात त्यांच्यासाठी रिकामी जागा सोडली होती. तसेच त्यांच्या अणुभार व रासायनिक गुणधर्मांचे भाकीतही केले होते.

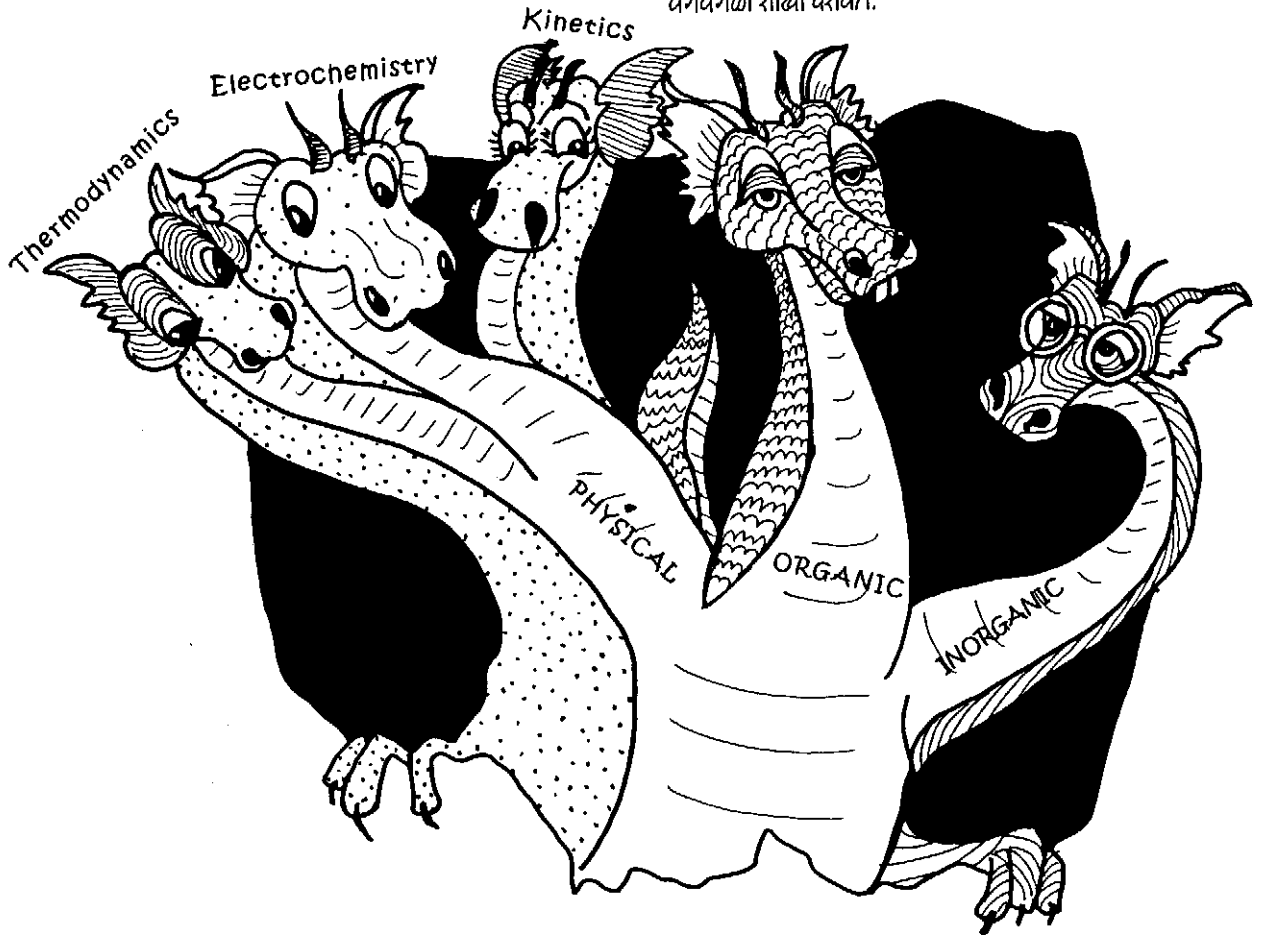
भाकीत	निरीक्षण
इका-अॅल्युमिनियम	गॅलियम
अणू भार : सुमारे ६८	अणूभार : ६९.९
धातूचे विशिष्ट गुरुत्व ५.९; द्रवणांक-कमी, अबाष्पनशील, हवेचा काहीही परिणाम नाही, उष्ण तापमानात वाफेचे विघटन, आम्ल व अल्कलीमध्ये हळूहळू विरघळते, ऑक्साइड सूत्र : Ea_2O_3 , आम्लांमध्ये विरघळून EaX_3 प्रकारचे क्षार तयार करेल. याचे हायड्रॉक्साईड आम्ल व अल्कलीमध्ये विरघळतील.	धातूचे विशिष्ट गुरुत्व ५.९४; द्रवणांक - ३० अंश, सामान्य तापमानास अबाष्पनशील, हवेचा काहीही परिणाम नाही, वाफेबरोबर अभिक्रिया नाही, आम्ल व अल्कलीमध्ये हळूहळू विरघळते, ऑक्साईड सूत्र : Ga_2O_3 , आम्लांमध्ये विरघळून GaX_3 प्रकारचे क्षार तयार करतात, याचे हायड्रॉक्साईड आम्ल व अल्कलीमध्ये विरघळतात.

१८७४ मध्ये गॅलियमचा शोध लागला आणि मॅंडेलीफचे भाकीत खरे होते हे दिसून आले.

त्यानंतर इतर मूलद्रव्यांचेही शोध लागले आणि त्यांचे रासायनिक गुणधर्म मॅंडेलीफने भाकीत केल्याप्रमाणेच दिसून आले. यामुळे ही आवर्तसारणी स्वीकारण्यात आली. अशाप्रकारे अकार्बनी रसायनशास्त्र रचनाबद्ध करण्यात मॅंडेलीफने महत्त्वाचे योगदान दिले.

एकोणिसाव्या शतकात कार्बनी व अकार्बनी रसायनशास्त्राच्या बरोबरीने भौतिक रसायनशास्त्रही (physical chemistry) खूपच प्रगत झाले. यातील तीन प्रगत झालेली महत्त्वाची क्षेत्रं म्हणजे रासायनिक गतिकी (Chemical kinetics), उष्मागतिकी शास्त्र (Thermodynamics) आणि विद्युत रसायनशास्त्र (Electro chemistry).

“मी एकोणिसाव्या शतकातील रसायनशास्त्राचा महायुद्ध आहे. माझे प्रत्येक शीर रसायनशास्त्राची वेगवेगळी शाखा दर्शवते.”



१८५० - ल्युडवीग विलहेमी (सन १८१२ ते १८६४)

याने आम्लाच्या उपस्थितीत उसाच्या साखरेचा जलअपघटनाचा (Hydrolysis) अभ्यास केला. त्याने साखरेची संहती (Concentration) मिळवण्यासाठी प्रकाशीय वलनामध्ये (Optical rotation) होणाऱ्या बदलाचा उपयोग केला; आणि प्रथमच रासायनिक प्रक्रिया गणिती भाषेत मांडली.

विलहेमीने दाखवून दिले, की जर Z म्हणजे साखरेची संहती, तर dT म्हणजे नेमक्या वेळेतील साखरेचा क्षय (dZ) हा खालील प्रकारे व्यक्त होतो.

$$-dZ/dT = kZ$$

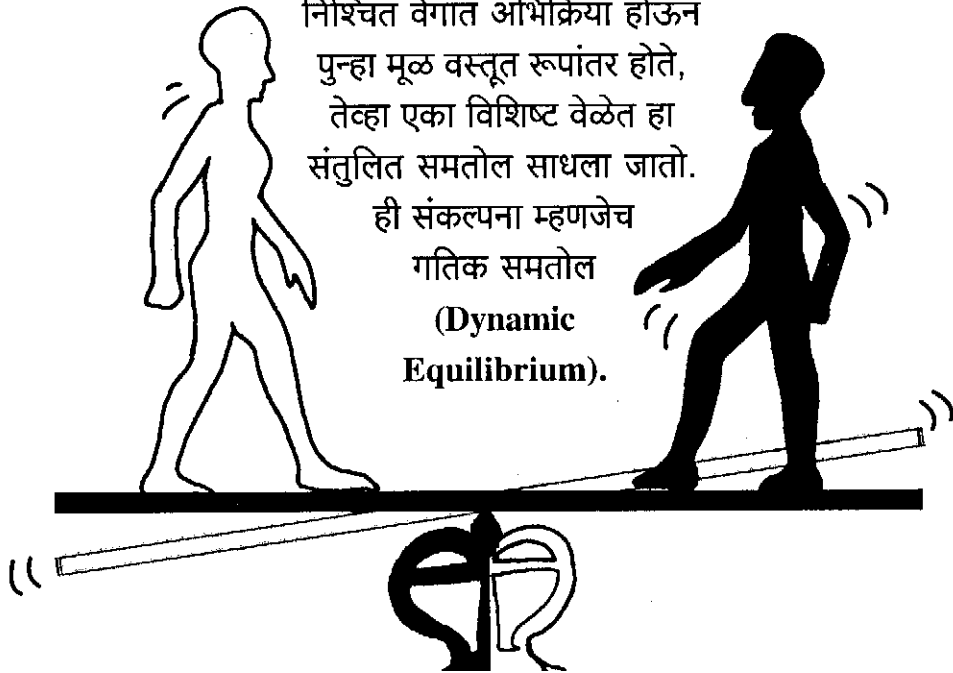
k हा स्थिरांक (constant) आहे. एकरेण्वीय अभिक्रियेच्या (Mononuclear reaction) वेगाचे हे गणित आहे.

त्याच काळात ए. डब्ल्यू. विलियमसन (सन १८२४ ते १९०४) यांनी पुढील नियम शोधून काढला.

जेव्हा एखादी अभिक्रिया निश्चित वेगात पदार्थ तयार करते आणि त्याच पदार्थाचे

निश्चित वेगात अभिक्रिया होऊन पुन्हा मूळ वस्तूत रूपांतर होते, तेव्हा एका विशिष्ट वेळेत हा संतुलित समतोल साधला जातो.

ही संकल्पना म्हणजेच गतिक समतोल (Dynamic Equilibrium).



१८७७ - व्हॅन्ट हॉफने, भाग घेणाऱ्या रेणूंच्या संख्येनुसार त्यांचे वर्गीकरण करून अभिक्रियांचा क्रम (order of reaction) (first order, second order etc.) प्रस्थापित केला.



“मिश्रणातील प्रत्येक रेण्विय आघाताने अभिक्रिया होत नाही. कमीत कमी कारक ऊर्जा (activation energy) असणारे क्रियाशील रेणूच अभिक्रियेत भाग घेतात,” असे **स्वान्त अन्हेनिअस** (सन १९५९ ते १९२७) याच्या लक्षात आले.

याच कल्पनांच्या आधारावर अभिक्रियांच्या वेगाशी संबंधित अभ्यास म्हणजेच **गतिकी** (kinetics) ही रसायनशास्त्राची शाखा आकार घेऊ लागली. रासायनिक अभिक्रियांचा प्रत्यक्ष वेग समजण्यात या शास्त्राने महत्त्वाचे योगदान दिले.



याच काळात उत्प्रेरणाची (Catalysis) अनेक उदाहरणे देण्यात आली, मात्र त्याचे स्पष्टीकरण **गूढच** राहिले. उत्प्रेरक बलामुळे (Catalytic force) रेणूंची ऊर्जास्थिती बदलते, अशी त्या काळात समजूत होती.

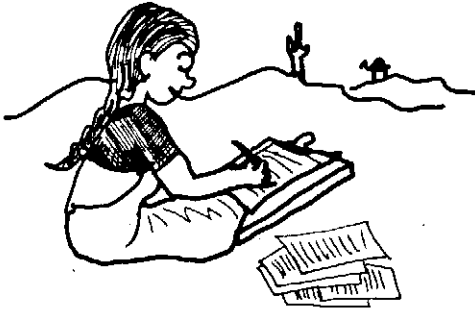
१८९४ विल्हेम ओस्टवाल्ड (सन १८५३ ते १९३२) याने उत्प्रेरकाला (calalyst) आणि त्या संदर्भात गतिज शास्त्राला एक नवा दृष्टिकोन दिला. ज्या पदार्थाच्या केवळ उपस्थितीमुळे रासायनिक अभिक्रियेचा वेग वाढतो; परंतु त्या पदार्थांमध्ये मात्र कोणताही रासायनिक बदल होत नाही, असा पदार्थ म्हणजे उत्प्रेरक. कमी कारक ऊर्जा असणाऱ्या अभिक्रियांचा वेग वाढवण्याचे काम उत्प्रेरक करतात. अशा प्रकारे मोठ्या प्रमाणात रेण्विय आघात घडवून अभिक्रिया होतात.

उत्प्रेरकाची भूमिका समजावून घेण्यासाठी थोडी वेगळी परिस्थिती विचारात घेऊ. समजा, तुम्ही एखाद्या वाळवंटात आहात आणि तुम्हाला कागदावर थोडे लिहायचे आहे.

तुम्ही त्या कागदाला आधारासाठी म्हणून वाळूवर ठेवू शकता; पण हे वेळखाऊ आणि कठीण आहे.



मात्र तुमच्याकडे आधारासाठी एखादा पुष्ठा असेल तर लिखाण बऱ्यापैकी जलद होईल. तुम्ही एका कागदावर लिहिल्यावर दुसऱ्या कागदासाठी पुष्ठा तोच पुष्ठा वापरू शकाल.



हा पुष्ठा उत्प्रेरकासारखा आहे. तो स्वतः न बदलता तुमच्या लिखाणाचा वेग मात्र वाढवतो.



१८४२ - रॉबर्ट मेयर (सन १८१४ ते १८८७) हा जर्मन शरीरशास्त्रज्ञ, थंड प्रदेशापेक्षा उष्ण कटिबंधीय प्रदेशातील लोकांच्या धमनीतील गडद लाल रक्त पाहून प्रभावित झाला. हा गडद रंग म्हणजेच हृदयातून परत येणारे जास्त ऑक्सिजनयुक्त रक्त. यावरून मेयरने असे अनुमान काढले, की उष्ण हवामानात शरीराची उष्णता राखण्यासाठी शरीर कमी ऊर्जा खर्च करते. ऊर्जा अक्षय्यतेच्या नियमाकडे (law of conservation of energy) जाणारी ही पहिली पायरी होती. पुढे रूडॉल्फ क्लॉसिअसने ह्या गुणधर्माचे स्पष्टीकरण देण्याचा प्रयत्न केला.

१८४५ - द्रवपदार्थ घुसळल्यावर
त्याचे तापमान वाढते, असे
जेम्स एप्रेस्कॉट ज्यूलच्या
(सन १८१८ ते १८८९) निदर्शनास
आले. त्यापासून त्याने उष्णता व यांत्रिक
ऊर्जा यांचा परस्परसंबंध जगापुढे आणला.



रूडॉल्फ क्लॉसिअस

(सन १८२२ ते १८८८) १८६५ मध्ये याने उष्मागतिकशास्त्राच्या स्थितिक कार्यासाठी **एन्ट्रोपी** (Entropy) हे नाव सुचवले आणि आपले दोन सुप्रसिद्ध नियम संक्षिप्त स्वरूपात दिले.

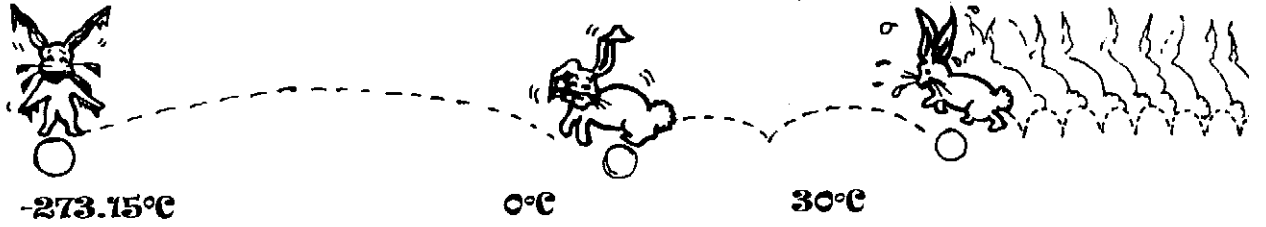
१. जगातील ऊर्जा स्थिर आहे.
२. एन्ट्रोपीचा (प्रणालीतील विस्कळीताचे माप) कल नेहमीच सर्वाधिकतेकडे असतो.



उष्मागतिक शास्त्राचा तिसरा नियम बऱ्याच कालावधीनंतर आला.

वॉलथर नस्ट (सन १८६४ ते १९४१) याने १९०५ मध्ये खूप कमी तापमानात पदार्थाच्या प्रवृत्तीचा अभ्यास करताना तिसऱ्या नियमाचा मुद्दा मांडला.

निरपेक्ष शून्य तापमानाला पदार्थाच्या भौतिक हालचाली थांबतात.

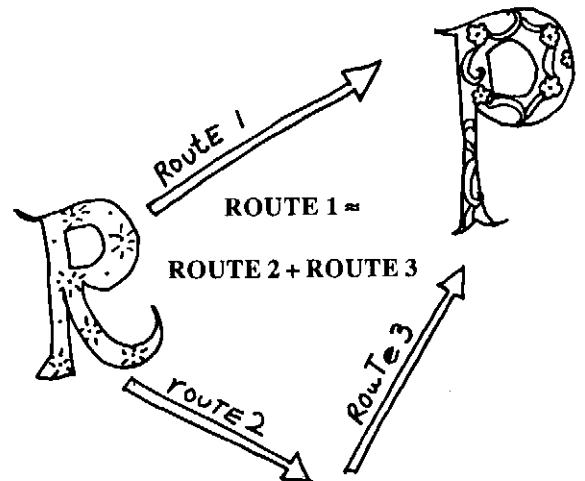


उष्मागतिक शास्त्रातील या सर्व विकासाचा पुढे स्वतंत्रपणे उष्मारासायनिक (Thermochemical) या शाखेतर्गत अभ्यास केला गेला.

१८४० - जर्मन - हेन्री हेस

(सन १८०२ ते १८५०)

“ अभिक्रियेमध्ये उत्पादित पदार्थ मिळण्यापूर्वी मध्ये कितीही पायऱ्या असल्या तरी त्यातून बाहेर पडणारी एकूण उष्णता सारखीच असते,” हे तत्त्व हेसने शोधून काढले.



दोन वर्षांनंतर मेयरने प्रसिद्ध केलेल्या ऊर्जा अक्षय्यतेच्या नियमाचाच हा -उष्णतेच्या स्थिर बेरजेचा नियम (law of constant summation of heat) - विशेष मुद्दा होता.

१८७८ - अमेरिकेच्या येल येथील **जोसीह विलार्ड गिब्जने** (सन १८३९ ते १९०३) **रासायनिक विभवाची** (chemical potential) संकल्पना विकसित केली, ज्यामुळे रासायनिक प्रक्रियेची दिशा निश्चित झाली. रासायनिक विभव विद्युत विभवाप्रमाणेच (Electric potential) असतो. जसा विद्युत्प्रवाह उच्च विद्युत विभवाकडून कमी विद्युत विभवाकडे वाहतो; तसेच रासायनिक अभिक्रिया घडताना द्रव्यही उच्च रासायनिक विभवाकडून कमी रासायनिक विभवाकडे 'वाहते'.



गिब्जने प्रावस्थांचा नियमही (phase rule) मांडला. ह्या नियमानुसार प्रणालीतील घटकांची संख्या (C) व प्रावस्थांची संख्या (P) जसे वायूरूप, घनरूप, द्रवरूप) ते मुक्तमात्रांच्या संख्येशी (degrees of freedom) (F, स्वतंत्रपणे बदलतात. जसे तपमान आणि दाब) खालील समीकरणाने संबंधित आहे.

$$F = C + 2 - P$$

ऑस्ट्रियाचा **ल्युडविग बोल्टझ्मनचे** (सन १८४४ ते १९०६)

सांख्यिकीय उष्मागतेशास्त्राच्या (statistical thermodynamics)

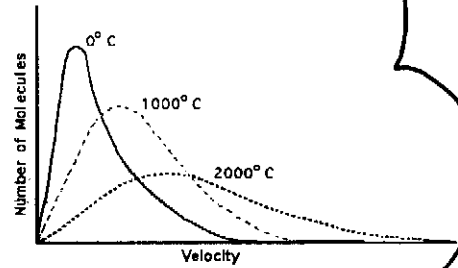
क्षेत्रातील योगदान लक्षणीय होते. हे क्षेत्र सरासरी रेण्विय गुणधर्म व उष्मागतिकाचा परिणाम यांचा संबंध विषद करते. सोबत उष्मागतिकीचे रेण्विय स्तरावर स्पष्टीकरणही देते.



मला माहीत आहे हे कसे काम करते... भात शिजला आहे का हे पाहण्याला मी भांड्यातील छालच्या भागातील व वरच्या भागातील थोडा भात काढेन. जर दोन्ही भागातील भात शिजला असेल तर मी छात्रीने सांगू शकेन, की संपूर्ण भात शिजला आहे.



वायूंच्या गतिमान सिद्धान्ताचा बराचसा भाग सांख्यिकीय उष्मागतेशास्त्रातील आहे. वायूंच्या रेणूंच्या गतीचे वर्णन करण्याकरिता संभाव्यतांचा वापर करताना स्कॉटीश पदार्थविज्ञानिक



जेम्स क्लर्क मॅक्सवेल (सन १८३१ ते १८७९) याने बोल्टझ्मनबरोबर वायूमधील रेणूची गती मॅक्सवेल-बोल्टझ्मन यांनी दाखवलेल्या आलेखाप्रमाणे असते, हे दाखवून दिले. ह्या सिद्धान्तानुसार ह्या संभाव्यतेच्या आलेखाची सरासरी व त्याचा विस्तार वाढत्या तपमानाबरोबर वाढतो.

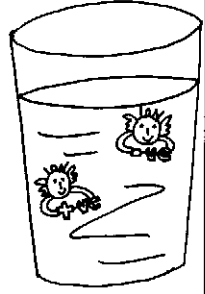
सन् १८७७ मध्ये बोल्ट्झमनने सांख्यिकीय उष्मागतिकीचे सर्वात प्रसिद्ध समीकरण मांडले.

$$S = K_B \ln W,$$

येथे S म्हणजे एन्ट्रोपी. K_B म्हणजे स्थिरांक व W म्हणजे अस्थिर प्रणालीचे (disorder of a system) परिमाणात्मक मोजमाप. यातून उष्मागतिकी एन्ट्रोपी परिमाण व सांख्यिकीय परिमाण (Statistical quantity) W यांच्यातील संबंध स्पष्ट होतो. सांख्यिकीय उष्मागतिकी अशा वेळेस विकसित झाली, जेव्हा द्रव्य अणूंचे बनले असते हे सामान्यतः स्वीकारले गेले नव्हते. त्यामुळे सुरुवातीला बोल्ट्झमनचा सिद्धान्त सहजी स्वीकारला गेला नाही.

१८८० च्या सुरुवातीस स्वीडनच्या उपसाला विद्यापीठात संशोधन करताना **स्वान्त अन्हेनियसने**

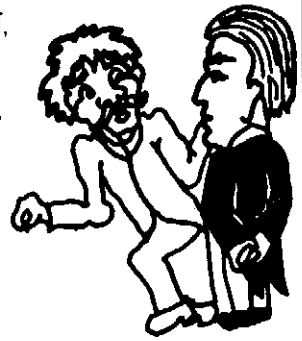
द्रावणाच्या संवाहकतेच्या (Conductivity) गुणधर्मचि मूळ शोधून काढले. जेव्हा विशिष्ट संयुगे - Electrolytes उदा. क्षार पाण्यात विरघळतात, तेव्हा त्यांचा काही भाग धन व ऋण आयन असा विभागून वेगळा होतो. आयन हे द्रावणातून विद्युत्प्रवाह वाहून नेण्यास जबाबदार असतात.



अशक्य! विरुद्ध प्रभाशये आयत द्रावणात वेगवेगळे अस्तित्वात असूच शकत नाहीत. स्वातला अँक्टरेट मिळणार नाही.



त्याचं म्हणणं खरंही असेल, कारण त्याचा सिद्धांत निरीक्षणावर बेतलेला आहे.



पुढे शास्त्रज्ञांनी त्याचे कार्य मान्य केले आणि १९०३ मध्ये अन्हेनियसला रसायनशास्त्रासाठी त्याच्या 'विद्युत अपघटनाच्या विदलनच्या' (electrolytic theory of dissociation) सिद्धान्तासाठी नोबेल पुरस्कार देऊन गौरविण्यात आले.

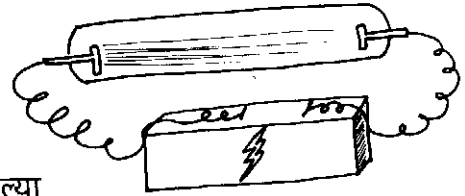
जसजसे एकोणिसावे शतक संपत चालले, तसे रसायनशास्त्र मोठ्या प्रमाणात विकसित होऊ लागले होते. तरीही रेणूंना एकत्रित ठेवणाऱ्या बलाच्या प्रवृत्ती अनुत्तरितच होत्या. शास्त्रीय कल्पनांच्या महत्त्वाच्या क्रांतीने या प्रश्नाचा उलगडा झाला आणि...

पुंजयांत्रिकीचा (quantum mechanics) जन्म झाला.

हा सिद्धान्त म्हणजे काय आहे हे बघण्यासाठी आपण काही प्रायोगिक निरीक्षणांनी सुरुवात करूया.

१८७४ – विलियम क्रूक्सने (सन १८३२ ते १९१९)

ऋणाग्र किरणांचा अभ्यास केला. ह्या किरणांच्या मार्गात ठेवलेली छोटी चकती फिरते, असे त्याच्या लक्षात आले.



त्यावरून हे किरण कणयुक्त असावेत आणि त्यांच्या मार्गातल्या अडथळ्यास ते दूर लोटतात, म्हणजेच ते बलाची निर्मिती करतात. त्यांच्या चुंबकीय क्षेत्रातील विचलनाने ते ऋण प्रभार वाहून नेतात, असे अनुमानही क्रूक्सने काढले.

१८९७ – जोसेफ जॉन थॉम्सनने (सन १८५६ ते १९४०) रासायनिक प्रक्रियांतील शिल्लक राहिलेल्या वायूंमुळे (residual gases) होणाऱ्या आयनीभवनाचा अडथळा टाळण्यासाठी उच्च निर्वात पोकळी वापरली आणि ऋणाग्र किरणांच्या विचलनाचा (deflection) विद्युत व चुंबकीय क्षेत्रातील बिनचूक अभ्यास केला. यापासून तो प्रभार व वस्तुमानाच्या प्रमाणाची (charge to mass ratio) आणि कणांच्या वेगाची चांगल्या प्रकारे निश्चिती करू शकला.



“ऋणाग्र (cathode) किरणांमध्ये ऋणप्रभारीत कण असतात. त्यांचे वस्तुमान हायड्रोजनच्या $1/1844$ पट असते.”



वाहकातून विद्युत्प्रवाह वाहून नेणाऱ्या कणांच्या प्रभाराला सुरुवातीला 'इलेक्ट्रॉन' हे नाव देण्यात आले होते.

जी.एफ. फिट्झगेराल्डने

(सन १८५१ ते १९०१)

या कणांसाठीच इलेक्ट्रॉन हे नाव सुचवले आणि ते जागतिक स्तरावर स्वीकारण्यात आले.

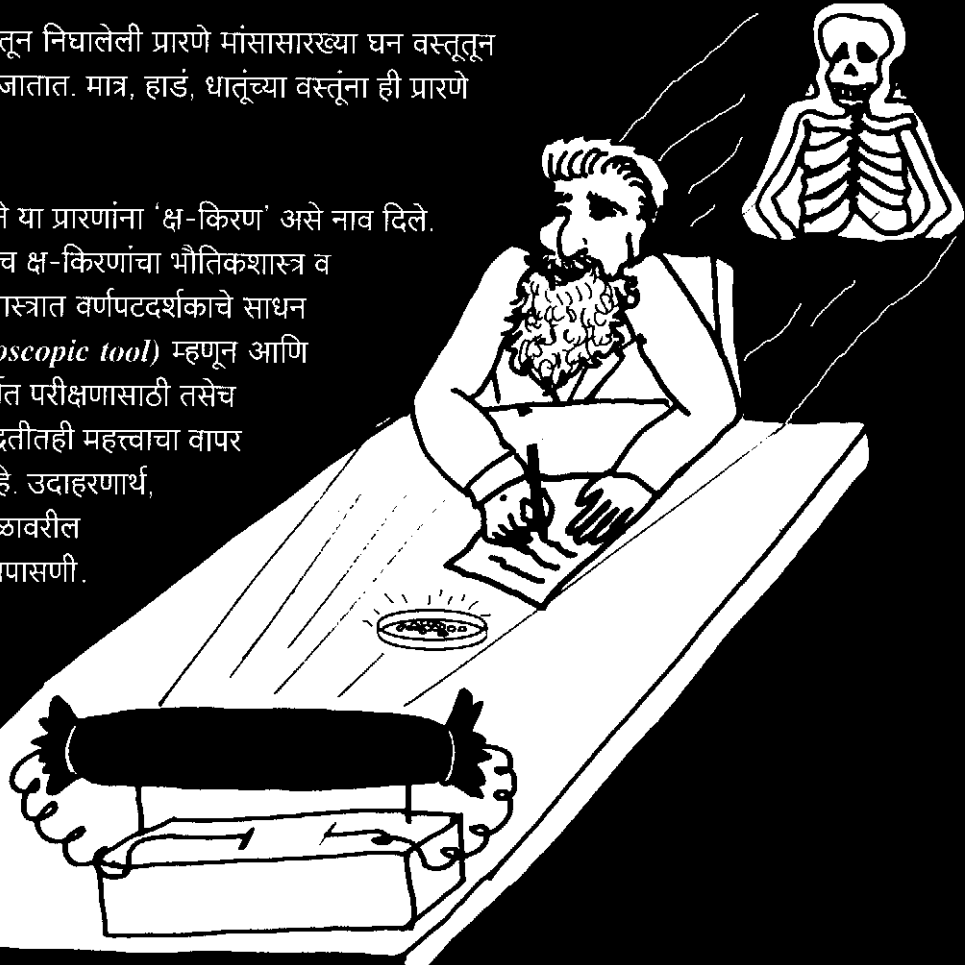
हुफ! मला वाटतं आयण इलेक्ट्रॉन हाच शब्द वापरला, कारण आतवरून आयण तोच शब्द वापरला आहे.



१८९५ – विलियम कोनराड रोन्टजेन (सन १८४५ ते १९२३) याने ऋणाग्र किरणे तयार करणाऱ्या निर्वात नलिकेला काळ्या कागदाने गुंडाळले. तेव्हा त्याच्या असे लक्षात आले, की बाजूला ठेवलेल्या बेरीयम प्लॅटीसायनाईडची स्फटीके चमकत आहेत.

ह्या नळीतून निघालेली प्रारणे मांसासारख्या घन वस्तूतून आरपार जातात. मात्र, हाडं, धातूंच्या वस्तूंना ही प्रारणे अडतात.

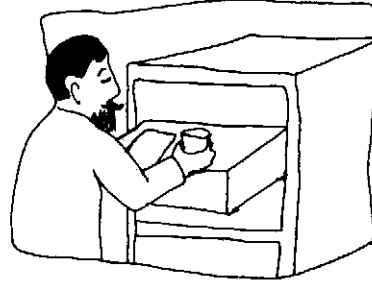
रोन्टजेनने या प्रारणांना 'क्ष-किरण' असे नाव दिले. हल्ली याच क्ष-किरणांचा भौतिकशास्त्र व रसायनशास्त्रात वर्णपटदर्शकाचे साधन (*Spectroscopic tool*) म्हणून आणि शरीरांतर्गत परीक्षणासाठी तसेच सुरक्षापद्धतीतही महत्त्वाचा वापर होतो आहे. उदाहरणार्थ, विमानतळावरील सामान तपासणी.



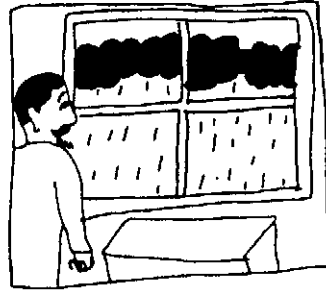
१८९६ आँतुआन हेन्री बेक्वेरेल

(सन् १८५२ ते १९०८)

क्ष-किरणांमुळे काही वस्तू चमकतात (fluorescence). ह्याउलट, चमकणारे पदार्थ क्ष-किरण निर्माण करतात का? हा विचार बेक्वेरेलच्या मनात आला. “आता मी एक फोटोग्राफीक प्लेट काळ्या कागदात गुंडाळून जवळ युरेनियमचे क्षार ठेवतो. उद्याच्या प्रयोगाची तयारी...”



पॅरीसमधील हिवाळ्यातल्या ढगांनी त्याच्या योजनेत अडथळा आणला.



तरीही काही दिवसांनी त्याने ती फोटोग्राफीक प्लेट डेव्हलप केलीच!

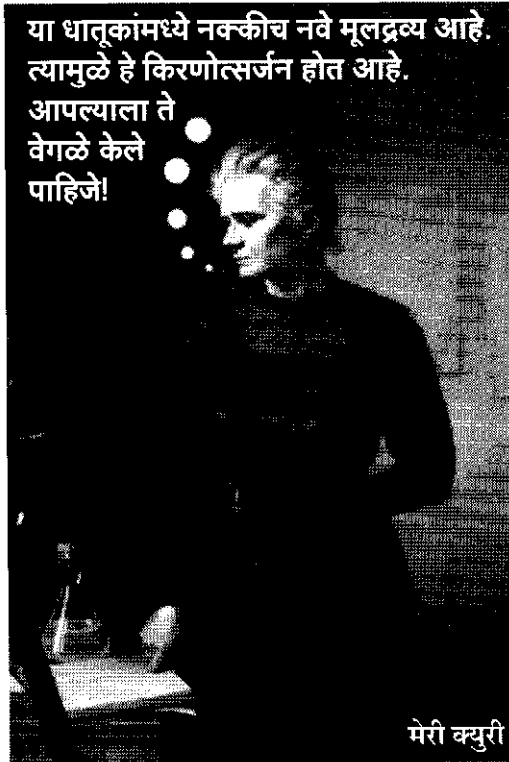


“विश्वासच बसत नाही! कारण ती फोटोग्राफीक प्लेट दुधाळ बनली होती. त्यामुळे हे कोणतेतरी नवे किरण असावेत, असं त्याला वाटलं. ह्या क्षारातून कसलेतरी किरण सतत उत्सर्जित होत असावेत आणि ते अपारदर्शक वस्तूतून पलीकडे जात असावेत. ”

म्हणून त्याने ह्या घटनेचा अधिक अभ्यास केला, तेव्हा **युरेनियम** हे किरणोत्सर्जनाचे उगमस्थान आहे, असे त्याच्या लक्षात आले.

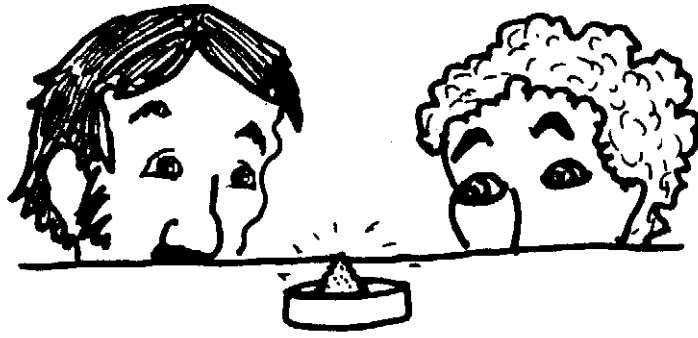
तरुण पोलीश शास्त्रज्ञ **मेरी क्युरी** (सन १८६७ ते १९३४) आणि तिचे फ्रेंच पती **पीअर क्युरी** (सन १८५९ ते १९०६) ह्यांनी ही घटना अभ्यासायला सुरुवात केली आणि ह्या घटनेस त्यांनी 'किरणोत्सर्जन' हे नाव दिलं.

त्यांनी ऑस्ट्रीयन सरकारकडून युरेनियमची टाकाऊ धातूके आणि अशुद्ध धातूकांचा साठा मिळवला आणि त्यापासून युरेनियम वेगळा करण्याच्या कामाला ते लागले. युरेनियमपेक्षा कितीतरी जास्त किरणोत्सर्जन त्यांच्या ह्या धातूकांमधून होते, असे त्यांना आढळले.

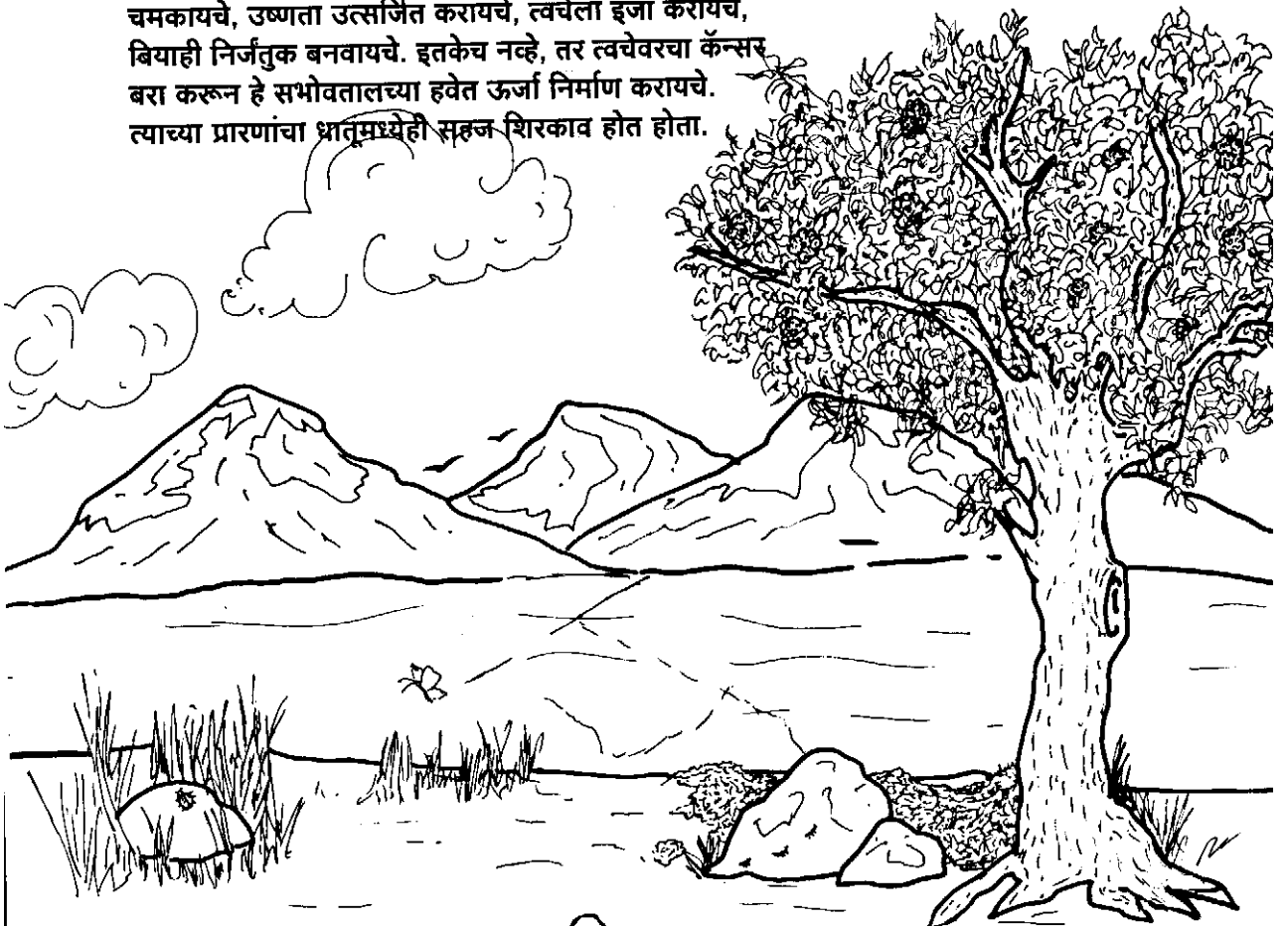


या नव्या मूलद्रव्यासाठीही
माझ्या आवर्तसारणीत
जागा आहे.

मेरी व पेरी यांनी टनभर धातुकांपासून काही ग्रॅम शुद्ध किरणोत्सारी पदार्थ तयार करण्यासाठी अविरत मेहनत घेतली. या धातुकांमध्ये दोन नवी किरणोत्सारी मूलद्रव्ये पोलोनियम व रेडियम आहेत हे दाखवून देण्यात त्यांना यश आले. शृंखलात्मक स्फटीकीभवनाच्या (Fractional Crystallisation) कष्टप्रद आणि दीर्घकाळ चाललेल्या प्रयोगांनंतर शेवटी त्यांनी शुद्ध रेडियमचे क्षार वेगळे केले.

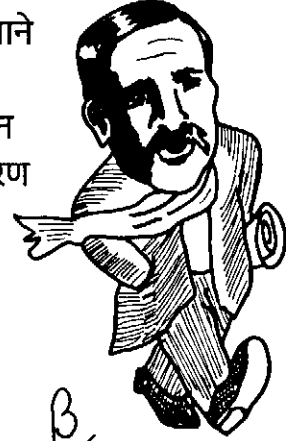


हे मूलद्रव्य म्हणजे निसर्गाचा एक चमत्कारच होता. ते अंधारात चमकायचे, उष्णता उत्सर्जित करायचे, त्वचेला इजा करायचे, बियाही निर्जंतुक बनवायचे. इतकेच नव्हे, तर त्वचेवरचा कॅन्सर बरा करून हे सभोवतालच्या हवेत ऊर्जा निर्माण करायचे. त्याच्या प्रारणांचा धातूमध्येही सहज शिरकाव होत होता.

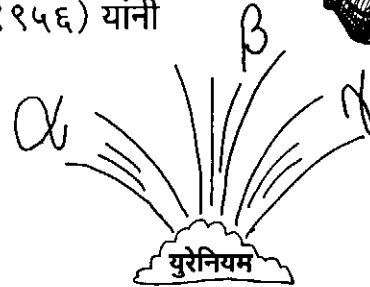


मेरी क्यूरीने या नव्या किरणोत्सारी मूलद्रव्यांच्या गुणधर्मांचा अभ्यास चालूच ठेवला आणि १९०३ मध्ये किरणोत्सारावर डॉक्टरेटचा प्रबंध लिहिला. याच वर्षी ती, तिचा पती व हेन्री बेक्वेरेल यांना एकत्रितपणे पदार्थविज्ञानाचा नोबेल पुरस्कार देण्यात आला. पेरीच्या मृत्यूनंतर आठ वर्षांनी मेरीला आणखी एक नोबेल पुरस्कार मिळाला. यावेळेस मात्र तो रसायनशास्त्रासाठी होता.

सन १८९९ मध्ये **अर्नेस्ट रुदरफोर्ड**ने शोधून काढले, की युरेनियममधून दोन प्रकारची प्रारणे उत्सर्जित होतात. त्याला त्याने α (अल्फा) व β (बिटा) संबोधले. पुढे ही प्रारणे म्हणजेच अनुक्रमे हिलियमचे अयन व इलेक्ट्रॉन आहेत हे सिद्ध झाले. सन १९०० मध्ये **पॉल विलार्ड**ने तिसरे प्रारण म्हणजे γ (गॅमा) किरण शोधले. ते क्ष-किरणासारखेच असल्याचे दिसून आले. तसेच कालांतराने युरेनियम दुसऱ्या पदार्थात बदलतो हेसुद्धा लक्षात आले.



रुदरफोर्ड व **फ्रेडरिक सॉडी** (सन १८७७ ते १९५६) यांनी किरणोत्सारी पदार्थांमधील अणूंच्या विघटनामुळे नवीन पदार्थ तयार होतात, हा सिद्धान्त मांडला. १९०९ मध्ये याची अधिक संशोधनानंतर खात्री करून घेण्यात आली.

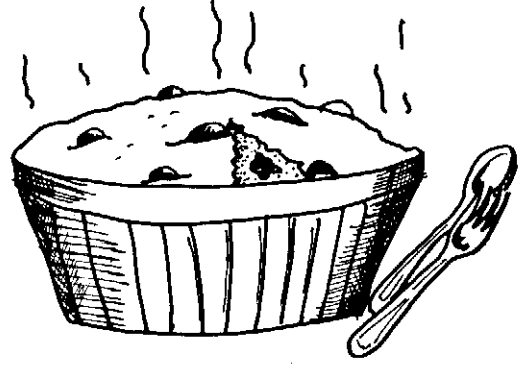


विघटनाची मालिका (Disintegration Series)

Uranium-238	Radium-226	Polonium-214
↓ α	↓ α	↓ α
Thorium-234	Radon-222	Lead-210
↓ β	↓ α	↓ β
Protactinium-234	Polonium-218	Bismuth-210
↓ β	↓ α	↓ β
Uranium-234	Lead-214	Polonium-210
↓ α	↓ β	↓ α
Thorium-230	Bismuth-214	Lead-206
↓ α	↓ β	

पुढचा प्रश्न, अणूमधील इलेक्ट्रॉन व धन आयनांची मांडणी माहीत करून घेणे;
म्हणजेच अणूच्या संरचनेचा होता.

अणूंमध्ये प्रामुख्याने धनभार असतो
आणि त्यात अधूनमधून ऋणभारित
कण हिंडत असतात, असं जे. जे.
थॉम्सन ह्यांनी सिद्ध केलं.



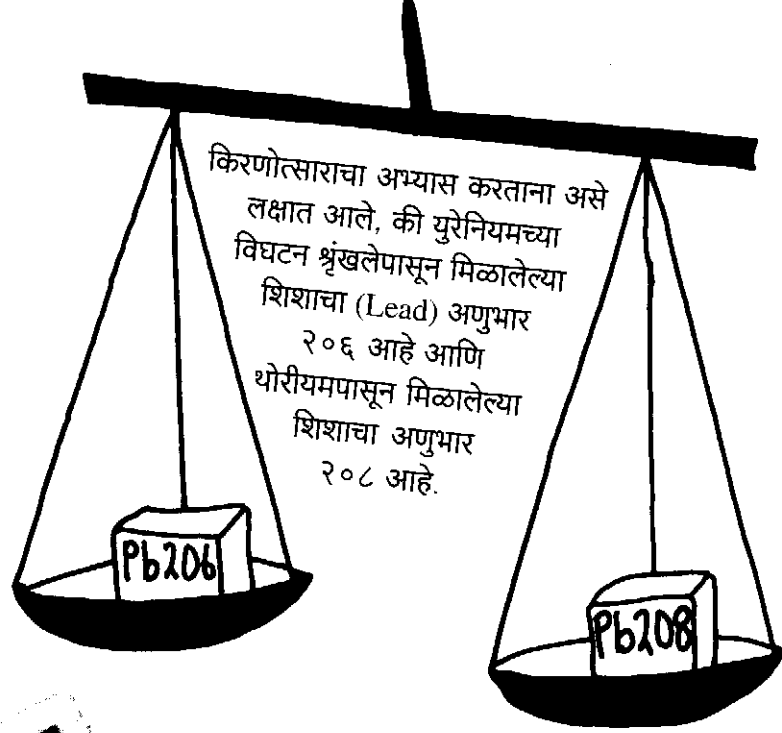
रुदरफोर्ड व त्याच्या विद्यार्थ्यांनी एक प्रयोग केला. रेडियममधून निघालेले अल्फा
कण सुवर्णपत्रांवर त्यांनी आदळू दिले आणि त्यांच्या मार्गाचे निरीक्षण केले.

या सुवर्णपत्रांवर आदळलेले बहुतांश अल्फा कण त्यातून आरपार गेले; परंतु काही
खूप उच्च ऊर्जा असलेले कण मात्र आदळल्यानंतर मोठ्या कोनांतून विचलित झाले.
रुदरफोर्डने त्याचा सिद्धान्त **१९११** मध्ये स्पष्टीकरण देऊन जाहीर केला.



“अणू हा जड; मात्र तुलनात्मकदृष्ट्या लहान
केंद्राचा बनलेला असतो. त्यात धनभारित कण
अणूच्या केंद्रस्थानी एकवटलेले असतात व तेवढेच
ऋणभारित इलेक्ट्रॉन्स केंद्राभोवती परिभ्रमण करत
असतात.”

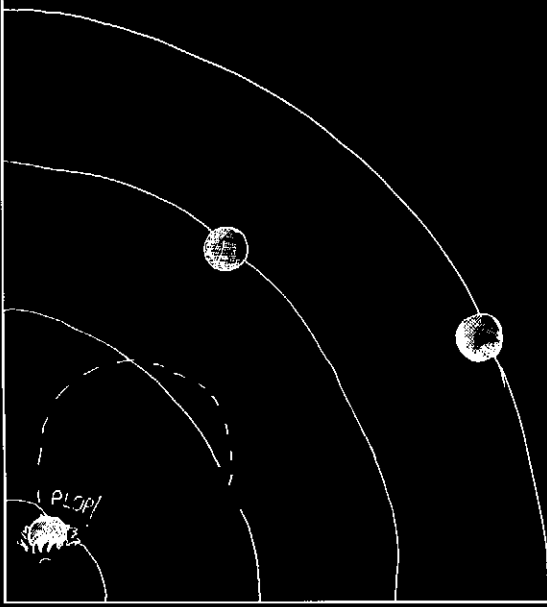
केंद्रावरील धनभार हा अणूमधील सर्व इलेक्ट्रॉनवर मिळून असलेल्या ऋणभाराएवढा असतो आणि त्याला **अणुक्रमांक** असं म्हणतात.



“मूलद्रव्यासाठी अणुभारापेक्षा अणुक्रमांक अत्यंत महत्त्वाचा आहे. समान अणुक्रमांक मात्र वेगळे अणुभार असणाऱ्या मूलद्रव्यांना आपण समस्थानिके (Isotopes) म्हणू. या शब्दाचा ग्रीक अर्थ The same place म्हणजेच त्यांनी आवर्ती तक्त्यात मिळवलेल्या सारख्या जागेमुळे त्यांना मिळाला.

१९२१ मध्ये सॉडीला रसायनशास्त्रासाठी नोबेल पुरस्कार मिळाला. त्यादरम्यान शास्त्रीय संशोधनासाठी राजकीय अर्थव्यवस्थेत असलेल्या तरतुदीमुळे तो खूपच व्यथित झाला होता. यामुळेच तो पुढे अर्थशास्त्राच्या अभ्यासाकडे वळला. आधुनिक अर्थशास्त्रातील संपत्ती व समाज यांच्यातील संबंधांच्या त्याच्या कल्पना महत्त्वाच्या ठरल्या.

पुन्हा वळूया अणू संरचनेकडे...



रूदरफोर्डचा अणू हा सौरमालेच्या लहान प्रतिकृतीसारखा होता. या दृश्यातील अडचण म्हणजे गतिमान प्रभारित कणांनी प्रारणे उत्सर्जित करेपर्यंत केंद्रकाभोवती फिरणाऱ्या इलेक्ट्रॉनची ऊर्जा संपून तो केंद्रकामध्ये पडेल. त्यामुळे अणू स्थिर राहणार नव्हता.

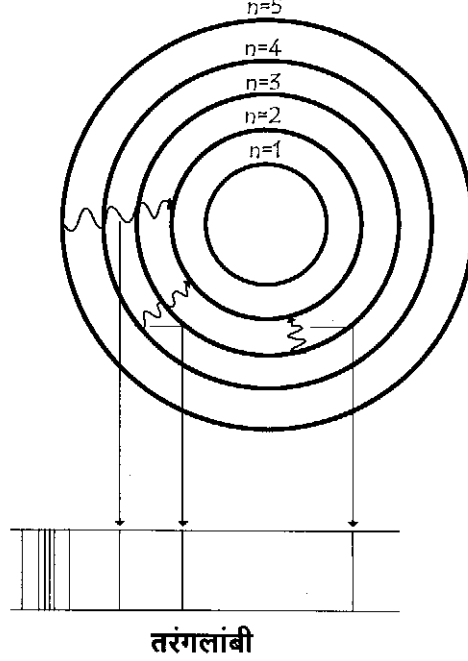
कोपेनहेगनच्या नील्स बोरने (सन १८८५ ते १९६२) अणूचा मॅक्स प्लॅन्कच्या (१८५८ ते १९४८) पुंजीकरणाच्या कल्पनेशी संबंध जोडला.

१९१३



‘नमस्कार, मी आहे नील्स बोरची बाहुली. एकेमेकांत चपखल बसतील अशा कवचांपासून मी बनले आहे. नील स्वतः खूप हुशार होता. त्याने सूचवले, की इलेक्ट्रॉन हे केंद्रकाभोवती काही विशिष्ट कोनीय संवेगाने आणि म्हणूनच काही विशिष्ट भ्रमणकक्षांमध्येच (orbits) फिरू शकतात. अशा भ्रमणकक्षांमधून इलेक्ट्रॉन विचलित होत नाहीत. ऊर्जा शोषून (घेऊन) किंवा उत्सर्जित करून इलेक्ट्रॉन एका भ्रमणकक्षेतून दुसऱ्या भ्रमणकक्षेत उडी घेऊ शकतात. मूलद्रव्यांचे रासायनिक गुणधर्म इलेक्ट्रॉनांच्या सर्वात बाहेरच्या भ्रमणकक्षेवर अवलंबून असतात.

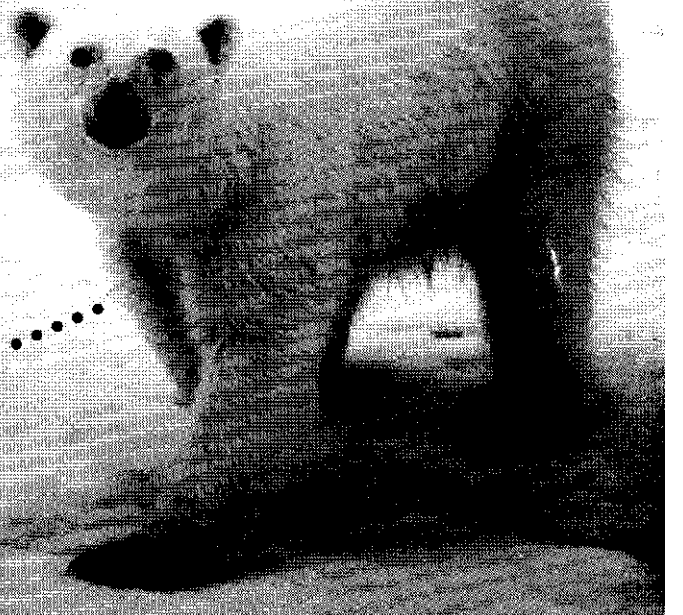
बोरचे मॉडेल अणूंचे काही गुणधर्म विशेषतः त्यांचे वर्णपट विशद करण्यात यशस्वी ठरले.



१९१६ जी.एन्. लेविस (सन् १८७५ ते १९४६)

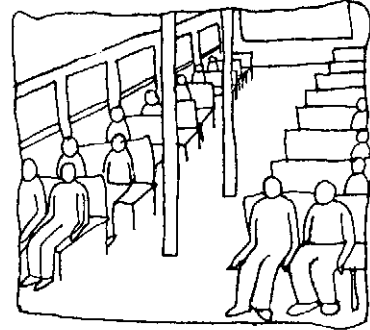
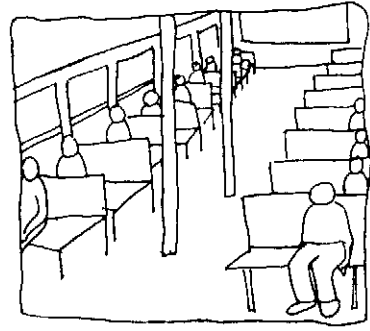
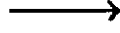
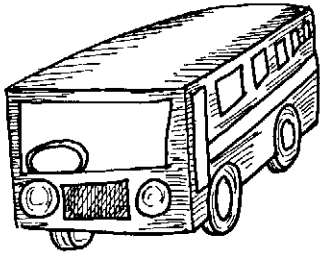
व **वॉलथर कोसेल** (सन् १८८८ ते १९५६) यांनी रासायनिक आकर्षण (Chemical Affinity) किंवा बंध (bonding) याचे स्पष्टीकरण देण्यासाठी बोरच्या मॉडेलचा वापर केला.

“इलेक्ट्रॉनच्या देवाण-घेवाणीने बाह्यतम कक्षेत स्थिर अष्टक तयार होऊन विद्युत प्रभारित अकार्बनी आयन (Inorganic ion) तयार होतात. हे आयन विद्युत स्थितिक बलाने (Electrostatic Force) एकत्र राहून आयनिक बंधाने (Ionic bond) ध्रुवीय संयुगे (Polar Compounds) तयार होतात. अध्रुवीय (Non Polar) लक्षणे असलेली कार्बनी संयुगे इलेक्ट्रॉनच्या जोडीची भागीदारी करून एकत्र येतात व सहसंयुज बंध (covalent bond) तयार करतात.”



१९२५ मध्ये वोल्फगॅंग पाऊली (सन १९०० ते १९५८)

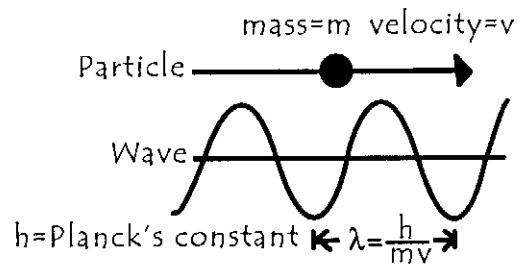
याने आपले एक्सक्लूजन तत्त्व (exclusion principle) घोषित केले. त्यानुसार प्रत्येक ऊर्जास्थिती किंवा परिभ्रमणकक्षा फक्त दोनच इलेक्ट्रॉन ठेवू शकते. म्हणजेच सर्व इलेक्ट्रॉन सर्वात कमी ऊर्जास्थितीत येऊ शकत नाहीत. इलेक्ट्रॉन्सच्या ह्या ऊर्जास्थितीतील रचनेचा त्यांच्या आवर्तसारणीतील स्थानाशी संबंध आहे.



रिकाच्या बसमध्ये प्रवासी जसे सीट पटकावत जातात त्याचप्रकारे इलेक्ट्रॉन ऊर्जास्थिती किंवा परिभ्रमण कक्षा व्यापत जातात. साधारणतः बसच्या पुढील बाजूने प्रथम खिडकीची जागा भरली जाते. एकदा का या खिडकीच्या जागा भरल्या, की मग बसच्या पुढील बाजूने सीटवर भागिदारी सुरू होते. अशाच प्रकारे इलेक्ट्रॉन्स सुरुवातीच्या स्थितीमध्ये एकटेच असतात आणि ऊर्जास्थिती जास्त झाल्यावर त्यांची भागिदारी सुरू होते.

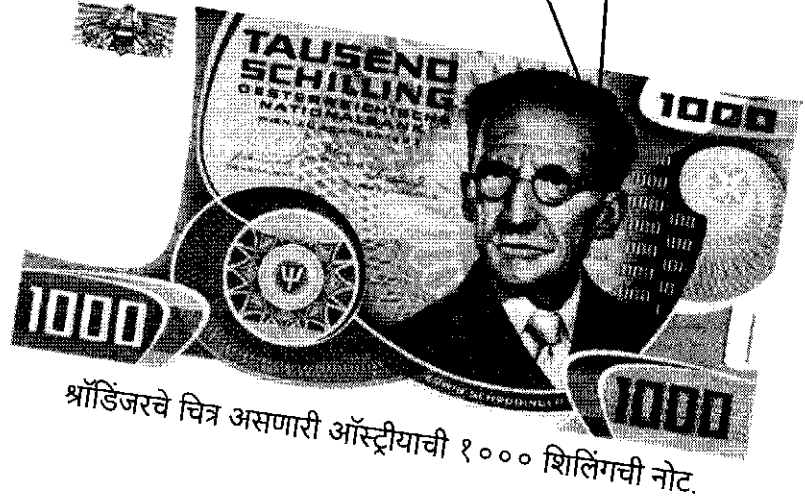
१९२४ – लुईस दी ब्रॉगली (१९९२ ते १९८७)

याने मांडले, की पदार्थकण विशिष्ट स्थितीमध्ये तरंगसदृश गुणधर्म दाखवतात, जशी प्रारणे कणसदृश गुणधर्म दर्शवतात.



१९२५ - अर्विन श्रॉडिंजर (सन् १८८७ ते १९६१) व **वेर्नर हायजेनबर्ग** (सन् १९०१ ते १९७६) यांनी स्वतंत्रपणे सर्वसाधारण **पुंजसिद्धान्त** (general quantum theory) मांडला. या सिद्धान्ताने इलेक्ट्रॉन व अणूंच्या प्रवृत्ती (Behaviour) आणि रेणूंमधील अणूंच्या बंधाचे स्पष्टीकरण दिले आहे.

अणू आणि रेणूंचे स्वरूप तरंगांच्या कार्यानुरूप स्पष्ट केले जाऊ शकते आणि **गणिती भाषेत** मांडून त्या प्रणालीविषयी पूर्ण माहितीही मिळू शकते.



श्रॉडिंजरचे चित्र असणारी ऑस्ट्रियाची १००० शिलिंगची नोट.

हायजेनबर्गची मांडणी बीजगणितावर आधारित असली, तरी तरंग गणितशास्त्राच्या (Wave mechanics formulation) मांडणीसारखीच होती.



१९२६

कणांच्या तरंगकार्याचे भौतिक अधिभाष्य : एखाद्या बिंदूपाशीचा त्याचा वर्ग म्हणजे तो बिंदू तिथे असण्याची संभाव्य घनताच होय.

आपण याआधी पुंजयांत्रिकीची मांडणी पाहिली.

आज रसायनशास्त्र समजण्यासाठी **पुंजयांत्रिकी** हा मूलभूत आधार आहे. आवर्ती तक्त्याची रचना, रेणू संरचना, बंध, अभिक्रियाशीलता, वर्णपट विज्ञान आणि आणखी बऱ्याच गोष्टींचे स्पष्टीकरण पुंजयांत्रिकी देते. अशा प्रकारे रसायनशास्त्राच्या वेगवेगळ्या शाखा पुंजयांत्रिकी एकत्र आणते.

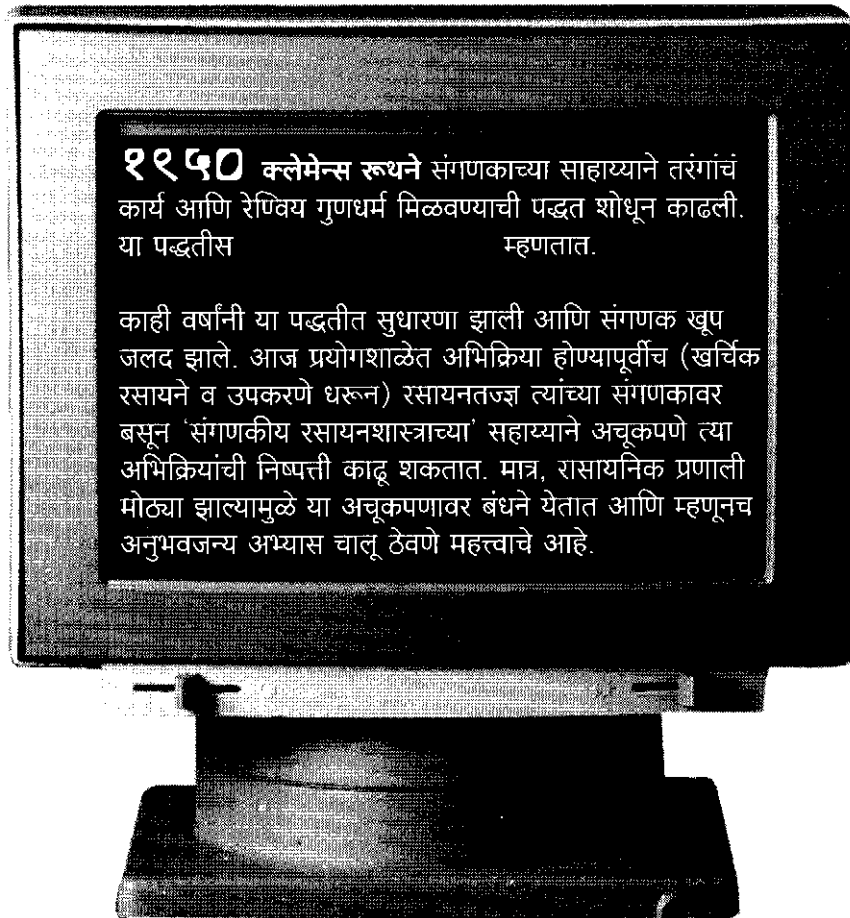
पुंजयांत्रिकी हे प्रमाणभूतता किंवा गृहीतकांवर आधारित आहे. पारंपरिक यांत्रिक (Classical mechanics) ज्याप्रमाणे न्यूटनच्या नियमांवर आधारित आहे. तरीही पारंपरिक यांत्रिकीच्या मानाने पुंजयांत्रिकीचे प्रमाणभूत तत्त्व आपल्याला पटकन समजत नाही आणि आपण त्यात अधिक शिरणारही नाही. निरीक्षणांचे स्पष्टीकरण व भाकीत म्हणजेच कोणत्याही सिद्धांताची कसोटी होय.



१९३०

रेणूंची संरचना व गुणधर्म समजण्यासाठी पुंजयांत्रिकी रासायनिक प्रणालींना लागू करण्यात आली. हेच **पुंजरसायनशास्त्र** आहे. पुंजरसायनशास्त्रातील सुरुवातीचा एक महारथी म्हणजे **लिनस पॉलींगने** (सन १९०१ ते १९९४) बंध समजून घेण्यासाठी 'संयुज बंध' (Valence bond) नावाची थिअरी तयार केली. त्याचे जादुई वाटणारे 'The nature of the chemical bond' हे पुस्तक त्यावेळचे सर्वात प्रभावी कार्य ठरले. **फ्रेडरीक हंड** (सन १८९६ ते १९९७) व **रॉबर्ट मुलीकेन** (सन १८९६ ते १९८६) यांनी बंधांसाठी वैकल्पिक मार्ग म्हणून रेणू-परिभ्रमणकक्षा (molecular-orbital) हा मार्ग चोखाळला. दोन्ही मार्ग एकमेकांना पूरक असून प्रत्येक मार्ग रासायनिक बंधाचे स्वतःचे असे ज्ञान पुरवत होता.

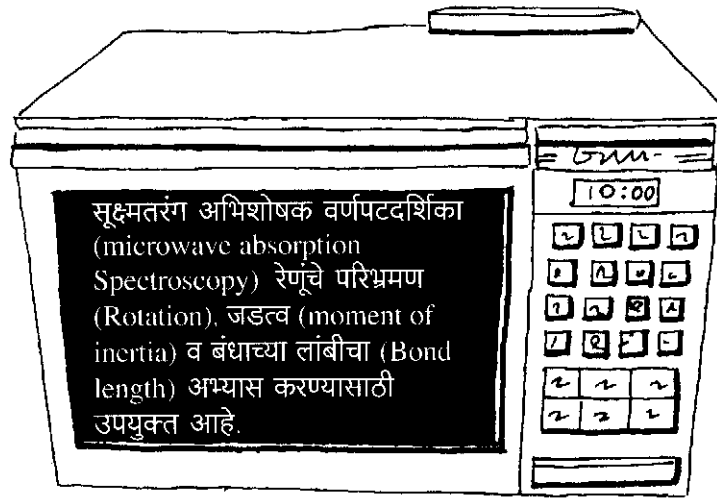
१९३० च्या दरम्यान **डॉग्लास हारट्री** (१८९७-१९५८) व **व्लादिमिर फोक** (१८९८-१९७४) यांनी रेणूंच्या तरंग कार्याचे अंदाजे गणित मांडण्याची एक पद्धत विकसित केली.



कोणत्याही सूक्ष्मदर्शकाने थेट अणू किंवा रेणू पाहणे शक्य नाही. पदार्थाची रेण्विय स्तरावरील संरचना व गुणधर्म बघण्यासाठी अणू व रेणूसोबत प्रकाशाची क्रिया (Interaction of light) किंवा विद्युत्चुंबकिय लहरींची अन्योत्र क्रिया (Electro magnetic radiation) सर्वत्र वापरतात. रसायनशास्त्राच्या या शाखेलाच **वर्णपट विज्ञान** (Spectroscopy) म्हणतात.

१८५९ मध्ये सोडियम व पोटॅशियमच्या ज्योतीचे वर्णपटदर्शिकेने पृथक्करण झाले. नंतर बऱ्याच वर्णपटदर्शिकेच्या पद्धती विकसित करण्यात आल्या. वेगवेगळ्या प्रक्रिया बघण्यासाठी विद्युत् चुंबकिय वर्णपटाचे (Electro Magnetic Spectrum) म्हणजेच वेगवेगळ्या वारंवारतेच्या प्रकाशपटाचे भाग वापरण्यात आले.

उदाहरणार्थ...



चंद्रशेखर वेंकट रामन

(सन १८८८ ते १९७०)

यांच्या रामन वर्णपटदर्शिकेचा वापर रेणूंची कंपने (Vibrations) व परिभ्रमणाचा अभ्यास करण्यासाठी होतो. रेणूंच्या कंपनांवरून त्यांच्या रासायनिक बंधाच्या दृढतेबाबत माहिती मिळू शकते.



अणुकेंद्रीय चुंबकिय अनुस्पंदन (Nuclear Magnetic Resonance) NMR
ही वर्णपटदर्शिका रेणूंमधील अणूंची रचना व
शेजारच्या अणूंच्या मांडणीबाबतसुद्धा
माहिती देऊ शकते.

वर्णपट विज्ञानाने रेण्विय
स्तरावरील रसायनशास्त्राचे
मूलभूत गूढ उकलण्यातच फक्त
महत्त्वाची भूमिका बजावली
नसून, शास्त्रज्ञांना नवी संयुगे
बनवण्यासाठी अमूल्य असे
साधनही दिले.



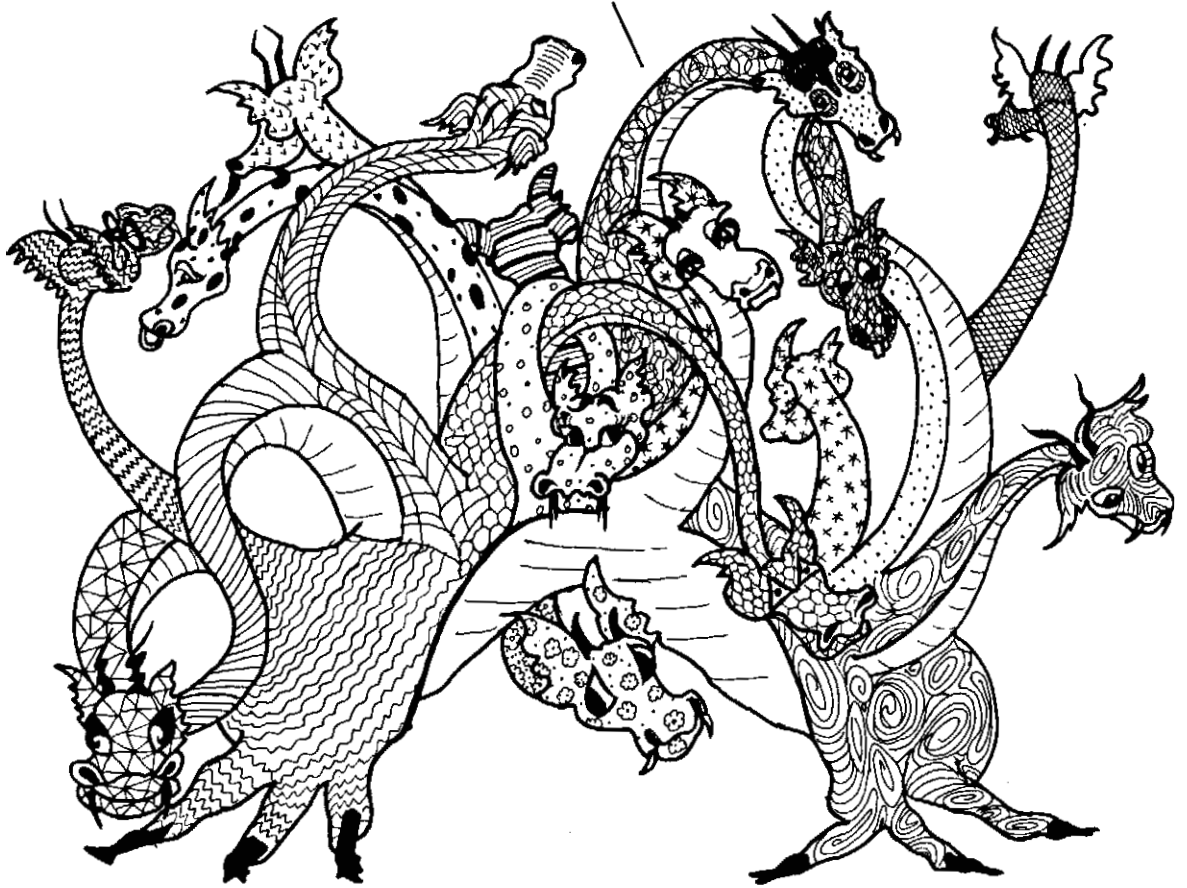
वर्णनपटविज्ञान गुणात्मक मूल्यांकनासाठी औषधे, पेट्रोलियम व गृहपयोगी
वस्तू बनवणाऱ्या कारखान्यांमध्ये रसायनतज्ज्ञांकडून वापरले जाते.

वर्णपटदर्शिकांचे तंत्रज्ञान हल्ली
वैद्यकशास्त्रात वारंवार वापरले जाते.
उदाहरणार्थ, Magnetic
Resonance Imaging (MRI) हा
NMR च्या तत्त्वांवर काम करतो
आणि मेंदूतील गाठी शोधण्यासाठी
वापरला जातो. शास्त्रज्ञांकडून याचा
वापर मेंदूचे कार्य समजून
घेण्यासाठीही केला जातो.



विसाव्या शतकाच्या सुरुवातीला झालेल्या रसायनशास्त्राच्या व पदार्थविज्ञानाच्या विकासामधील जवळचा संबंध आपण पाहिला. रसायनशास्त्राने आपल्या सीमा ओलांडून केवळ पदार्थविज्ञानच नव्हे, तर जीवशास्त्रासारख्या शाखेसोबतही काम चालू ठेवले आहे.

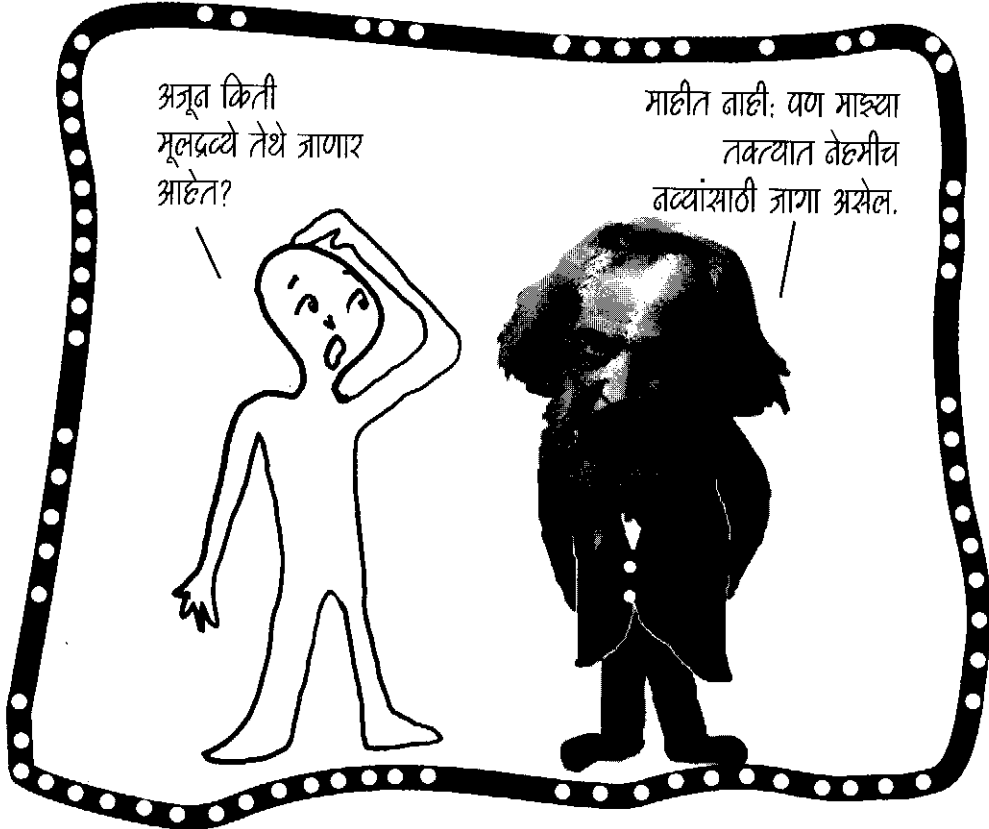
“मी आठवतोय का तुम्हाला? मी तुम्हाला अठराव्या शतकात भेटलेला रसायन शास्त्र आहे. आता या गोष्टीला शतकापेक्षा जास्त काळ उलटला आहे. आता मला युष्कळ ग्रीकी आली आहेत आणि मी खूपच जास्त गुंतागुंतीचा झालो आहे. आज रसायनशास्त्राचा इतर अनेक क्षेत्रांशी आलेल्या संबंधामुळे असे झाले असून, ही सर्व क्षेत्रं एकमेकांशी संबंधित आहेत.”



चालू वर्षातील रासायनिक शोधांची विविधता आणि वाढ खूपच प्रचंड आहे आणि पुढील काही पानांमध्ये आपण त्यातील काही भाग नमुन्यादाखल बघणार आहोत.

विसाव्या शतकात बऱ्याच नव्या रासायनिक मूलद्रव्यांचा, विशेषकरून युरेनियमपेक्षा जड अशा मूलद्रव्यांचा आवर्तीसारणीत समावेश करण्यात आला. पृथ्वीवर नैसर्गिकरित्या आढळणाऱ्या रासायनिक मूलद्रव्यांमध्ये युरेनियमचा अणुक्रमांक सर्वात जास्त म्हणजेच ९२ आहे. १९३४ मध्ये **आयरीन व फ्रेडरीक जोलिएट क्युरी** यांनी कृत्रिम किरणोत्सार शोधल्यानंतर युरेनियमच्या पुढील कृत्रिम मूलद्रव्य (Transuranic element) बनविण्याच्या प्रयत्नांना सुरुवात झाली. त्यांनी अल्फा कणांचा हलक्या मूलद्रव्यांवर मारा केला आणि पूर्वीच्याच मूलद्रव्यांची नैसर्गिकरित्या न मिळणारी समस्थानिके (isotopes) निर्माण केली. कृत्रिम युरेनियमपेक्षा मूलद्रव्ये तयार करण्यासाठी कण आदळवण्याची कल्पना वापरण्यात आली. १९३९ मध्ये नेपच्युनियम हे पहिले कृत्रिम मूलद्रव्य (मूलद्रव्य ९३) अशा प्रकारे तयार करण्यात आले.

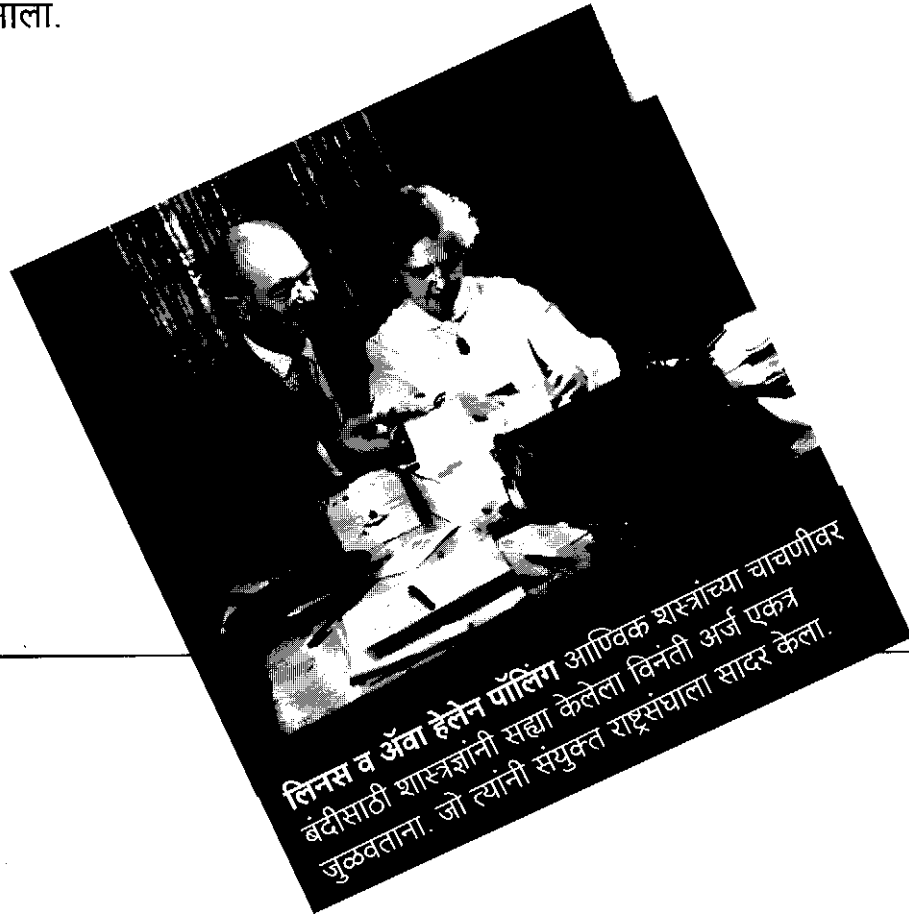
नंतर लवकरच १९४१ मध्ये **ग्लेन सिबार्ग** (सन् १९१२ ते १९९९) व त्याच्या सहकाऱ्यांनी **प्लुटोनियम** (मूलद्रव्य ९४) बनविले आणि पुढे जाऊन नऊ युरेनियमपेक्षा मूलद्रव्ये शोधून काढली. १९९७ साली त्याचे शेवटचे मूलद्रव्य १०६ तयार करून त्याला **सिबॉर्गियम** नाव देण्यात आले. २००६ सालापर्यंत मूलद्रव्य ११८ बनवण्यात आले जे युनूनोक्वियम या तात्पुरत्या नावाने ओळखले जाते.



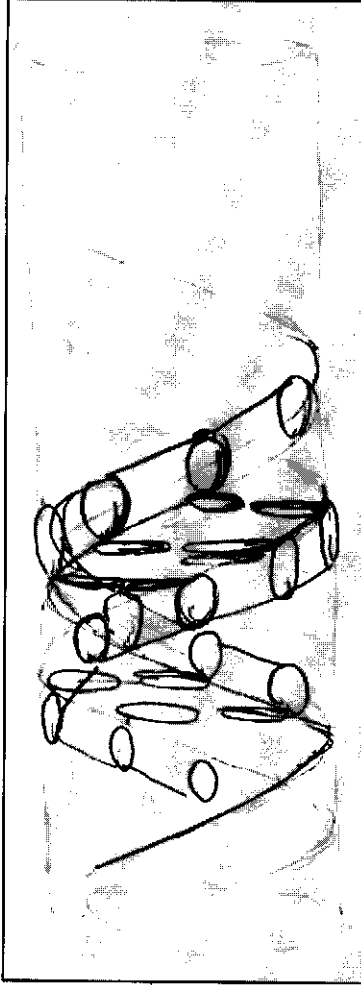
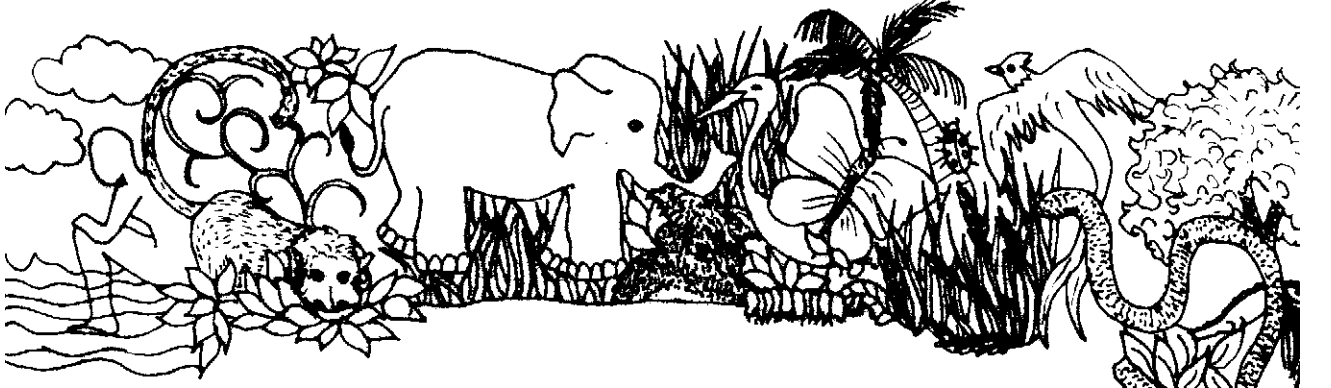
विसाव्या शतकात **रसायनशास्त्राच्या समजाचा** वेग आणखी वाढला.

पुंजरसायनशास्त्राचा पहिला संशोधक लिनस पॉलिंग म्हणजे एक अष्टपैलू व्यक्तिमत्त्व होते. त्याने अमिनो आम्लाच्या, जे प्रोटीन्स बनवण्याचा पाया आहेत, त्यांच्या रेणू संरचनेवर काम केले. त्याने १९४० मध्ये बऱ्याच प्रोटीन्सच्या मूलभूत संरचनेचे नमुने निश्चित केले. ज्यांना अल्फा (α) हेलिक्स (Helix) असे म्हटले जाते. १९५४ मध्ये त्याला रसायनशास्त्रासाठी नोबेल पुरस्काराने गौरवण्यात आले.

पॉलिंग हा एक शांतीदूतही होता. १९५८ मध्ये त्याने बऱ्याच देशांतील ११,००० शास्त्रज्ञांच्या सहाय्येने विनंती अर्ज संयुक्त राष्ट्रसंघाला दिला. ज्यात त्याने आण्विक चाचणीचा विरोध केला होता. त्याच्या या प्रयत्नांना तेव्हा बळ मिळाले, जेव्हा अमेरिका, ब्रिटन व रशिया या तीन आण्विक शस्त्र बाळगणाऱ्या राष्ट्रांनी आण्विक शस्त्र वापराच्या निर्बंधाच्या करारावर स्वाक्षऱ्या केल्या. १९६२ मध्ये पॉलिंगला शांततेसाठीचा दुसरा नोबेल पुरस्कार देण्यात आला.



लिनस व अँवा हेलेन पॉलिंग आण्विक शस्त्रांच्या चाचणीवर बंदीसाठी शास्त्रज्ञांनी सहाय्येने विनंती अर्ज एकत्र जुळवताना. जो त्यांनी संयुक्त राष्ट्रसंघाला सादर केला.



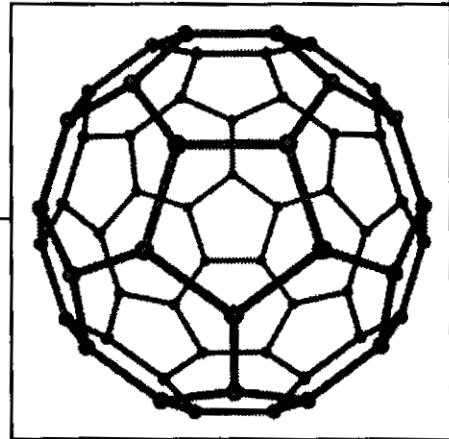
फ्रान्सीस क्रीक याने १९५३ मध्ये काढलेले डी.एन.ए. रेणूचे पहिले रेखाचित्र

सजीवांबद्दलची माहिती त्यांच्या पुढच्या पिढीकडे डी.एन.ए. (Deoxyribo nucleic acid) मार्फत जाते. विविध प्रथिनांच्या निर्मितीसाठी डी.एन.ए.बरोबरच दुसरे एक न्युक्लिक आम्ल आर.एन.ए. म्हणजेच Ribo nucleic acid हेही कारणीभूत आहे. शरीरातील कार्य चालू ठेवण्यासाठी पेशींना या प्रथिनांची गरज लागते. डी.एन.ए.च्या रासायनिक घटकांतून व त्याच्या क्ष-किरण स्फटीकविज्ञान छायाचित्रांवरून (X-ray crystallographic photo) जेम्स वॅटसन (जन्म १९२८), फ्रान्सीस क्रीक (सन १९१६ ते २००४), मॉरीस विल्किन्स (सन १९१६ ते २००४) व रोजालिंड फ्रॅन्कलिन (सन १९२० ते १९५८) यांनी १९५३ मध्ये डी.एन.ए.च्या संरचनेचे स्पष्टीकरण पुरवले.

आज डी.एन.ए. प्रथिने व इतर जैवमूलद्रव्यशास्त्र यांच्या औषधी उपयोगांमुळे बऱ्याच रसायनतज्ज्ञांचे लक्ष इकडे वेधले गेले आहे.

नैसर्गिकरित्या आढळणारे विविध रेणू रसायनतज्ज्ञांनी प्रयोगशाळेत तयार केले आहेत. आजवर सर्वात गुंतागुंतीचे तयार केलेले नैसर्गिक संयुग म्हणजे जीवनसत्त्व ब १२. **रॉबर्ट बर्नस् वुडवर्ड** (सन १९१७ ते १९७९) व **अल्बर्ट एस्केनमोजर** (सन १९२५) यांनी जवळपास १०० विद्यार्थ्यांच्या संघाबरोबर हा रेणू तयार करण्यासाठी अनेक वर्षे काम केले. हा रेणू बनवण्याच्या जवळपास शंभर पायऱ्या आहेत. हे काम त्यांनी १९७१ मध्ये पूर्ण केले; आणि कार्बनी रसायनशास्त्राच्या इतिहासातील हा एक मैलाचा दगड ठरला.

१९८५ मध्ये **रॉबर्ट कर्ल** (सन १९३३), **हेरॉल्ड क्रोटो** (सन १९३९) व **रीचर्ड स्मॉली** (सन १९४३) यांनी कार्बनच्या नव्या रचनेचा सनसनाटी शोध लावला. या कार्बनच्या रेणूमध्ये कार्बनचे ६० अणू बंद कवचामध्ये फुटबॉलसारखे मांडले होते. याचा वास्तुशास्त्रज्ञ बकमिन्स्टर फुलर याने शोध केला. घुमटाशी (geodesic dome) साधर्म्य असल्यामुळे या नवीन कार्बन रेणूला 'बकमिन्स्टर फुलेरीन' नाव देण्यात आले. फुलेरीन रेणूची संरचना सुंदर होती आणि ती अधिक समजण्यासाठी बरेच संशोधन झाले.

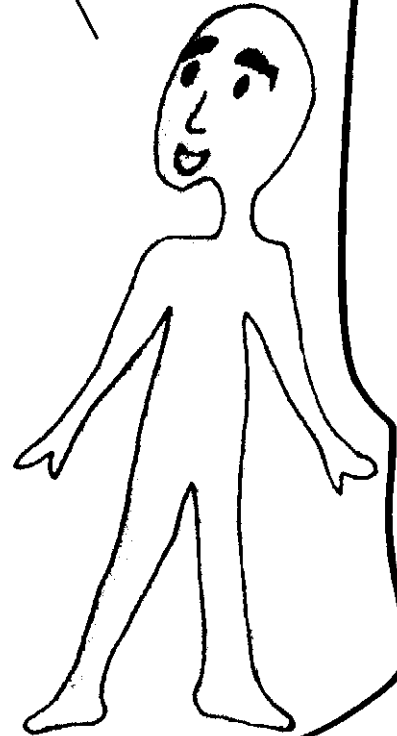


बकमिन्स्टर फुलेरीनची संरचना

१९८१ मध्ये **गर्ड बिनीग** (सन १९४७) व **हन्रीक रोहरर** (सन १९३३) यांनी **Scanning Tunneling Microscope** चा शोध लावल्यावर साधनसिद्धतेचा (instrumentation) लक्षणीय विकास झाला. पुंजशास्त्राच्या टनेलिंग (tunneling) परिणामावर हे उपकरण आधारलेले आहे. हे उपकरण सुईच्या अग्राएवढ्या टोकावरील विद्युत्वाहकता तपासून स्कॅन करायचे आणि टोक व पृष्ठभागामधील वाहणारा दुर्बल विद्युत्प्रवाह शोधायचे. या सुईचे टोक इतके सूक्ष्म असायचे, की त्यावर फक्त एकच अणू राहू शकत असे. विद्युत प्रवाहामुळे पदार्थाचा पृष्ठभाग आश्चर्यकारक अचूकतेने मोजणे शक्य झाले आहे आणि तोही एवढ्या सूक्ष्म अग्रावरील पृष्ठभाग, जेथे एकच अणू असतो.

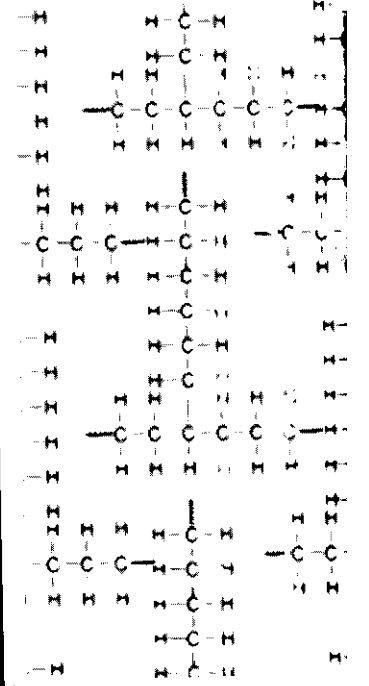
अभिक्रियेदरम्यान रेण्विय स्तरावरील रासायनिक प्रक्रिया जलदपणे होतात. त्याचे निरीक्षण करण्याचे तंत्रज्ञान १९८० च्या शेवटी विकसित झाले. हे तंत्र प्रथम शास्त्रज्ञ **अहमद झिवेल** (सन १९४६) यांनी शोधले. या तंत्राद्वारे फेम्टो सेकंदमध्ये (10^{-15} seconds) पडणाऱ्या प्रखर प्रकाशाच्या झोताचे वर्णपटदर्शिकेद्वारे पृथक्करण केले जाते. रासायनिक बंध तयार होण्यासाठी आणि तुटण्यासाठी इतका अत्यल्प कालावधी पुरेसा असतो. हे तंत्रज्ञान व त्याच्याशी निगडित सैद्धांतिक पद्धती वापरून अभिक्रियेची अभूतपूर्व अशी माहिती आपल्याला समजू शकते.

जगातील सर्वाधिक जलद चित्रिकरण करणाऱ्या कॅमेऱ्याने अभिक्रियेदरम्यान रेणूंचे आणि त्यांच्या संक्रमण अवस्थांचे चित्र काढल्याप्रमाणे ही क्रिया घडते.



रसायनशास्त्राच्या औद्योगिक उपयोजनामुळे व्यापारविषयक क्रांती झाली. आज प्लास्टिक, रबर, विशिष्ट गुणधर्मांचे मिश्रधातू, औद्योगिक प्रक्रियांना वेग येण्यासाठीची उत्प्रेरके व इलेक्ट्रॉनिक तंत्रज्ञानासाठी वस्तू सर्वत्र वापरल्या जातात आणि नव्याने शोधल्याही जातात.

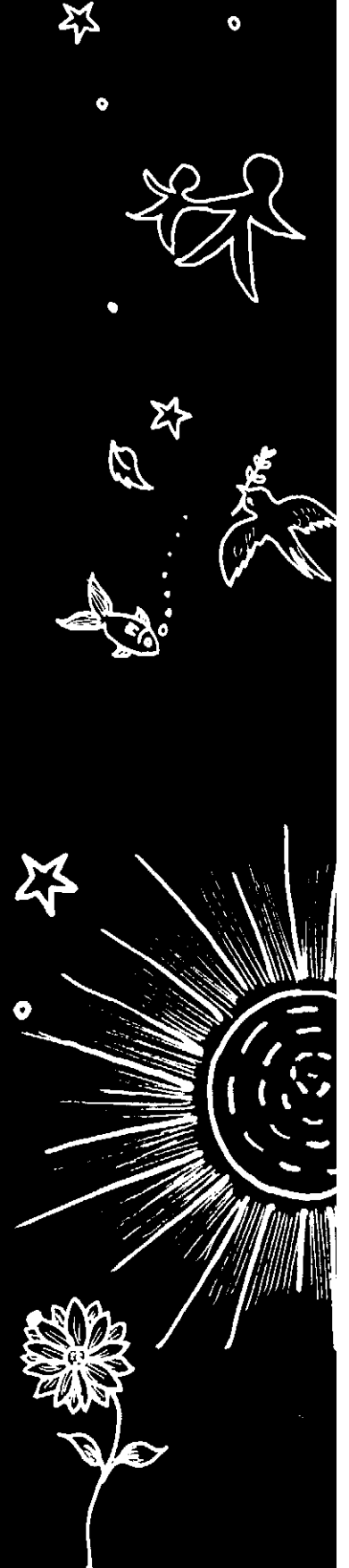
आपण सिंथेटीक पॉलिमर किंवा प्लास्टिकसारख्या औद्योगिक उत्पादनांच्या वर्गाचा विचार करू. १९०७ मध्ये लिओ एच. बेकलॅंडने पहिल्या पूर्णतः सिंथेटीक प्लास्टिकचा म्हणजेच बेकलाईटचा शोध लावला. ते कडक व वजनाला हलके होते. आज केस विचरण्याच्या कंगव्यापासून ते तव्याच्या दांड्यापर्यंत सर्व गोष्टी बनविण्यासाठी त्याचा वापर केला जातो. १९३८ मध्ये वॉलेस ह्यूम कॅरोथर्स (सन १८९६ ते १९३७) याने 'नायलॉन' या नावाने एक नवा पॉलीअमाइड तंतू बाजारात आणला. १९५० मध्ये सिंथेसाईझड पॉलीमर बनविण्याची नवीन प्रक्रिया शोधण्यात आली, ज्यामुळे हाय डेन्सीटी पॉलीइथिलीन (HDPE) व पॉली प्रॉपीलीनसहित बरेच सामान्य प्लास्टिक बनविणे शक्य झाले. कार्ल झिगलर (सन १८९८ ते १९७३) व गिलीओ नाट्टा (सन १९०३ ते १९७९) ह्या दोन शास्त्रज्ञांनी इतर अनेक शास्त्रज्ञांप्रमाणे स्वतंत्रपणे ही प्रक्रिया विकसित केली. बहुतेक सिंथेसाईझड पॉलीमर हे विद्युत्प्ररोधक (Insulator) आहेत; पण पॉलिमरही विद्युत्वाहक असू शकतात, हे १९७० मध्ये उघड झाले. संवाहक सिंथेसाईझड पॉलीमर हे विद्युत वहनासाठी चांगले आहेत, कारण ते धातूपेक्षा हलके व स्वस्तही आहेत. भविष्यात ते संवाहकतेची महत्त्वाची भूमिका बजावू शकतात.



रसायन शास्त्राने आपले ऐहिक जीवन पूर्वीपेक्षा खूपच आरामदायी बनवले आहे. भरमसाठ वाढणाऱ्या औद्योगिक कारखान्यांमुळे व रसायनांमुळे वातावरणाचा समतोल मात्र बिघडला आहे.

आपण क्लोरोफ्लोरोकार्बन (CFC) चे उदाहरणा बघूया. रेफ्रिजरेटर्समध्ये वापरण्यासाठी अमोनियाच्या ऐवजी CFC विकसित करण्यात आला. तसेच स्प्रे कॅन्समध्ये परिचालक (propellent) म्हणूनही तो वापरण्यात येऊ लागला. हे CFC निष्क्रिय असतात आणि कशाशीही अभिक्रिया न होता ते वातावरणाच्या वरील भागात पोहोचतात. तेथे त्यांचे सूर्यापासून निघणाऱ्या अतिनील किरणांमुळे (ultraviolet rays) विघटन होते आणि ते क्लोरीनचा अणू सोडतात. हे क्लोरीन पृथ्वीच्या संरक्षक ओझोन थरातील ओझोनसोबत प्रक्रिया होऊन ओझोनचा संरक्षक थर कमी करतात. १९९० पर्यंत CFC वरचे हे काम टप्प्याटप्प्याने चालूच होते; परंतु प्रयोगाने हे सिद्ध केले, की आपण वापरत असलेल्या काही वस्तूंमुळे याचा परिणाम वाढतच चालला आहे.

आपला गरजा पूर्ण करतानाच आपल्या वातावरणाचे संरक्षण करण्याच्या आव्हानाने रसायनशास्त्राला व संपूर्ण शास्त्राला एक नवी संधी दिली आहे. रसायनशास्त्राने इतर विषयापर्यंत आपल्या सीमा नेल्या आहेत हे आपण बघितले आहे. ह्या सर्व परिणामांचा विचार करून आपण जागे होऊ आणि येणारी आव्हाने पेलू शकू, अशी आशा करूया. भविष्यातील रसायनशास्त्राच्या नव्या अध्यायाची ही नांदीही नसेल. चला तर मग. थोडे थांबू आणि वाट पाहू.



मूलद्रव्यांची आवर्त सारणी - दिमित्री मेंडेलीफ (१९३४-१९०७)



H
हायड्रोजन
1

जर मूलद्रव्ये त्यांच्या अणुभाराप्रमाणे रचली तर ती नियमितपणे (ठरावीक वेळाने) पुनःपुन्हा तेच गुणधर्म दाखवतात, हे रशियन रसायनतज्ज्ञ दिमित्री मेंडेलीफच्या सर्वप्रथम लक्षात आले. त्याने त्याचा शोध मूलद्रव्यांच्या आवर्तसारणीत रचनाबद्ध केला. आता तो आधुनिक रसायनशास्त्राचा कणा ठरतो आहे. मेंडेलीफने आपल्या अवर्तसारणीत शोध न लागलेल्या मूलद्रव्यांसाठीही जागा करून ठेवली होती. १८६९ मध्ये त्याने आवर्तसारणीचे वर्गीकरण प्रसिद्ध केले, तेव्हा गॅलियम, जर्मनियम व स्कॅंडियम



Li
लिथियम
3



Be
बेरिलियम
4

याचा शोध लागला नव्हता. मेंडेलीफने आवर्तसारणीत या मूलद्रव्यांसाठी जागाच सोडली नव्हती, तर त्यांच्या अणुभाराचे व रासायनिक गुणधर्मच भाकीतही केले होते. सहा वर्षांनी गॅलियमचा शोध लागला आणि त्याची भाकिते तंतोतंत बरोबर असल्याचे दिसून आले. पुढे इतर मूलद्रव्यांचेही शोध लागले आणि त्यांचे रासायनिक गुणधर्म मेंडेलीफने केलेल्या भाकिताबरोबर जुळले.



Na
सोडियम
11



Mg
मॅग्नेशियम
12

१७ मुलांच्या कुटुंबातील सर्वात लहान मुलाने, एका असामान्य माणसाने शास्त्रीय समुदायाच्या वर्गीकरणाची पद्धत इतकी शक्तिशाली बनवली, की ही आवर्तसारणी म्हणजे आतापर्यंतच्या मूलद्रव्यांच्या भाकितासाठी व गुणधर्म शिकण्यासाठी मोठा आधार ठरली आहे. १९५५ मध्ये मूलद्रव्य १०१ ला त्याचे नाव देण्यात आले. Md - मेंडेलेवियम

Redrawn by - Dr. Vidula Mhaiskar

K पोटॅशियम 19 	Ca कॅल्शियम 20 	Sc स्कॅंडियम 21 	Ti टिटॅनियम 22 	V व्हॅनॅडियम 23 	Cr क्रोमियम 24 	Mn मॅंगेनिज 25 	Fe आयर्न 26 	Co कोबाल्ट 27
Rb रुबीडियम 37 	Sr स्ट्रॉन्टियम 38 	Y यिट्रियम 39 	Zr झिरकोनियम 40 	Nb नियोबियम 41 	Mo मॉलिब्डेनियम 42 	Tc टेक्नेटियम 43 	Ru रुथेनियम 44 	Rh रहोडियम 45
Cs सिझियम 55 	Ba बेरियम 56 	Lanthanide series 	Hf हॅफ्नीयम 72 	Ta टॅंग्स्टम 73 	W टंगस्टन 74 	Re रेनियम 75 	Os ओसमियम 76 	Ir इरिडियम 77
Fr फ्रॅन्शियम 87 	Ra रेडियम 88 	Actinide series 	Rf रुदरफोर्डियम 104 	Db ड्युबनियम 105 	Sg सीबोर्जीयम 106 	Bh बोहरीम 107 	Hs हॅशियम 108 	Mt मितनेरियम 109

South African Agency for Science &
Technology Advancement (SASTA) या संस्थेने
सुरुवातीला बनवलेल्या या असामान्य तक्त्यात रोजच्या
वापराच्या वस्तूंनी मूलद्रव्ये दाखविण्यात आली होती.
मूलद्रव्यांचे चिन्ह, नाव व अणुक्रमांक देण्यात आला आहे.



South African Agency for Science & Technology Advancement (SASTA) या संस्थेने सुरुवातीला बनवलेल्या या असामान्य तक्त्यात रोजच्या वापराच्या वस्तूंनी मूलद्रव्ये दाखविण्यात आली होती. मूलद्रव्यांचे चिन्ह, नाव व अणुक्रमांक देण्यात आला आहे.

He
हेलियम
2

B बोरॉन 5 	C कार्बन 6 	N नायट्रोजन 7 	O ऑक्सिजन 8 	F फ्लोरिन 9 	Ne निऑन 10
Al अॅल्युमिनियम 13 	Si सिलिकॉन 14 	P फॉस्फरस 15 	S सल्फर 16 	Cl क्लोरीन 17 	Ar आर्गॉन 18

Ni निकेल 28 	Cu कॉपर 29 	Zn झिंक 30 	Ga गॅलियम 31 	Ge जर्मेनियम 32 	As अर्सेनिक 33 	Se सेलेनियम 34 	Br ब्रोमिन 35 	Kr क्रिप्टॉन 36
Pd पॅलॅडियम 46 	Ag सिल्व्हर 47 	Cd कॅडमियम 48 	In इंडियम 49 	Sn टीन 50 	Sb अँटीमनी 51 	Te टेल्युरियम 52 	I आयोडिन 53 	Xe झेनॉन 54

Pt प्लॅटिनम 78 	Au गोल्ड 79 	Hg मर्क्युरी 80 	Tl थॅलियम 81 	Pb लेड 82 	Bi बीस्मथ 83 	Po पोलोनियम 84 	At अस्टॅटाईन 85 	Rn रेडॉन 86
---------------------------------	------------------------------	----------------------------------	-------------------------------	----------------------------	-------------------------------	---------------------------------	----------------------------------	------------------------------

L	La 57	Ce 58	Pr 59	Nd 60	Pm 61	Sm 62	Eu 63	Gd 64	Tb 65	Dy 66	Ho 67	Er 68	Tm 69	Yb 70	Lu 71
Lanthanide Series															
A	Ac 89	Th 90	Pa 91	U 92	Np 93	Pu 94	Am 95	Cm 96	Bk 97	Cf 98	Es 99	Fm 100	Md 101	No 102	Lr 103

ही गोष्ट आहे रसायनांची आणि
रसायनशास्त्राच्या उत्पत्तीची.
प्राचीन काळापासून ते
आजतागायत निसर्गाशी झुंजताना
माणसाला निसर्गातच लपलेल्या
विविध घटकांचा शोध कसा लागत
गेला, याची ही एक चित्रमय गाथा
आहे. रसायनशास्त्र प्रगत होत
जातानाचा प्रवास अत्यंत रंजक
पद्धतीने या पुस्तकात सांगितला
आहे. मजेशीर चित्रांची साथसंगत
आणि वेगवेगळ्या रसायनांचा
विलक्षण स्वभाव सांगणारे हे
पुस्तक एकदा का हातात घेतले,
की खाली ठेवत नाही. प्रत्येक
विद्यार्थ्याच्या घरी, दप्तरात
असायलाच हवे असे हे एक
विलक्षण पुस्तक आहे.



मनोविकास प्रकाशन

